

基于 MVC 模式的耐火材料梭式窑分布式控制系统

杨盛泉¹, 刘白林¹, 王志安², 南光哲²

(1. 西安工业大学 计算机科学与工程学院, 陕西 西安 710032; 2. 西安恒新窑炉技术有限公司, 陕西 西安 710065)

摘要: 针对目前耐火材料梭式窑运行控制普遍存在的能源浪费、低效、精度差、周期长的缺点, 提出开发基于 MVC 模式的耐火材料梭式窑分布式控制系统; 首先介绍了 MVC 模式的基本原理及其体系结构图, 详细地论述了基于 MVC 模式的控制系统的设计层次框架与结构特点; 最后, 讨论了 Delphi 平台下, 运用多线程共享缓冲区技术对整个控制系统 MVC 架构进行了具体地实现; 实际表明, MVC 模式可以清晰地分离出人机界面、业务逻辑与数据处理, 使整个控制系统具有良好的运营性, 可扩展性和易维护性。

关键词: 模型; 视图; 控制器; 耐火材料梭式窑; 分布式系统; 多线程

Distributed Control System of Refractory Shuttle Kiln Based on MVC Mode

Yang Shengquan¹, Liu Bailin¹, Wang Zhian², Nan Guangzhe²

(1. School of Computer Science and Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032;

2. Xi'an Hengxin Kiln Technology Co., Ltd, Xi'an 710065)

Abstract: The paper proposes and develops a distributed control system of refractory shuttle kiln based on MVC mode to replace the current refractory shuttle kiln control in which exist plenty of disadvantages such as wasting energy sources, low efficiency, bad precision and long periods, etc. Firstly, it introduces the basic theory and the system structure graph of MVC mode, and discusses in detail the design of layer frame and structure of control system based on MVC mode. Finally, under the environment of the Delphi, this paper illuminates the material realization of the MVC form of the total control system with adopting the multi-thread shared same buffer method. Practice shows that the MVC mode can separate easily the interface of operator and computer, operation logic and data disposal, which makes the total control system operable, scalable and maintainable.

Key words: model; view; controller; refractory shuttle kiln; distributed control system; multi-thread

0 引言

耐火材料广泛用于钢铁工业和其他工业加热设备内胆中, 它是高温工业生产设备的材料, 要求其具备较高的质量与优良的性能。而耐火材料的生产一般要经过一个关键的耐火材料梭式窑烧成阶段。

耐火材料梭式窑又称抽屜窑、车底窑, 是一种利用燃气、燃油等为燃料燃烧的工业加热设备, 对耐火材料企业正常工作生产起到非常关键性的作用。耐火材料梭式窑在运行过程中, 窑内温度、气氛、压力及各种流量, 往往会由于外界条件或内部因素的变化而发生变化, 为了使这些变化了的参数符合烧成工艺要求, 必须实时根据这些变化了的情况对窑炉各控制设备做出快速、合理又整体协调地控制; 传统的耐火材料梭式窑控制基本都是靠人工操作和调节或老式 PID 温度控制仪表辅助监控。这种控制方式的缺点是体力劳动繁重, 烧成周期长, 有滞后性, 而且受主观因素的影响, 故调节精度不高, 导致耐火材料梭式窑烧成合格率低^[1]。

因此, 充分将热工技术、计算机应用技术、自控技术与智能控制技术相结合, 研究与开发基于 MVC 模式的耐火材料梭式窑分布式控制系统, 对于减轻工人劳动强度, 改善劳动条

件, 降低能源消耗, 提高装烧产品的产量和质量, 控制生产成本, 保证设备的安全运行都具有十分重要的意义。

基于 MVC 的开发方式利用设备通讯技术和开发平台以及用户需求及时调整适应的紧密集成技术, 由于其良好的可移植性、健壮性、可重用性和安全性以及灵活的组件机制等优点而广受工业控制开发人员的欢迎^[2]。

1 MVC 模式原理

MVC (Model-View-Controller), 即“模型-视图-控制器”模式, 最早是 Xerox 公司在 20 世纪 80 年代为编程语言 Smalltalk-80 发明的一种软件设计模式, 目的是实现 Desktop 程序中的数据模型和用户界面程序代码的分离^[3]。采用 MVC 设计模式可以分离数据访问和数据表现, 使得整个系统有很好的伸缩性、健壮性和可维护性。

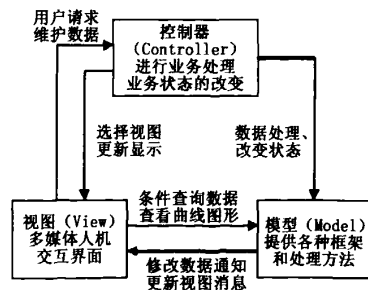


图1 MVC 功能原理体系结构

收稿日期:2009-10-29; 修回日期:2009-12-08。

基金项目:陕西省教育厅专项科研基金(自然科学类)资助项目(09JK503)。

作者简介:杨盛泉(1974-), 男, 江苏阜宁人, 硕士, 讲师, 主要从事 MIS 系统、智能控制、软件工程等方面研究。

MVC 是一种划分系统功能的方法, 它将一个系统划分为 3 个部分^[4], 其体系结构如图 1 所示。

(1) 模型 (Model): 是一组表示应用系统管理逻辑的对象。它封装数据源和所有基于这些数据的操作。在一个组件中, Model 表示组件的状态和操作方法。

(2) 视图 (View): 是一种向用户表达信息的具体方式。它封装的是对数据源 Model 的一种显示。一个模型可以对应多个视图, 而一个视图理论上也可以与不同的模型关联起来。

(3) 控制器 (Controller): 是应用系统处理具体流程和导向的核心部分。封装的是外界作用于模型的操作。通常, 这些操作会转发到模型上, 并调用模型中相应的一个或者多个方法。

一般控制器 (Controller) 在 Model 和 View 之间起沟通作用, 用于处理用户在 View 上的输入, 并转发给 Model。这样 Model 和 View 两者之间可以松散耦合, 甚至可以在完全不知道彼此的情况下, 由 Controller 实现连接^[5]。

2 基于 MVC 模式的控制系统硬件设计

一般来说, 耐火材料梭式窑由窑体、窑车、空气管道、燃气管道、燃烧设备、风机等组成; 燃烧设备中主要的是高速烧嘴, 空、燃气在烧嘴燃烧腔内成比例混合燃烧, 一般要求空、燃气混合效果好、燃烧要充分, 需达到节约燃料的目的; 调温风与燃烧产物的同轴流股在任何温度段均可喷出高速射流, 可提高窑内温度、气氛均匀性^[1]。

不同的装烧产品, 窑炉的烧成工艺要求有差异, 然而其控制组成比较相似。根据耐火材料梭式窑控制的特点, 可将各个独立运行的实体进行集中管理, 设计成由若干温区形成分布式控制系统, 也就是将整个系统控制分割成若干子系统, 操作人员使用该子系统集中的操作站, 一览整个系统情况, 并可参与各个子系统的控制运行, 监视各个控制站的报警和故障处理进程。

如图 2 所示, 系统硬件由工业控制计算机通过工业 485 通讯总线连接若干个自治系统, 包含 1#~N# 温区自治系统、总管流量自治系统、总管压力自治系统等。在每一个自治系统形成一个相对独立的区域, 具有自动 MVC 调控、自动 MVC 决策、自动 MVC 安全监控等功能。

窑炉运行过程中一般要经历氧化状态、过渡状态、还原状态、冷却状态等, 运行的状态不同, 其控制外部设备的动作也

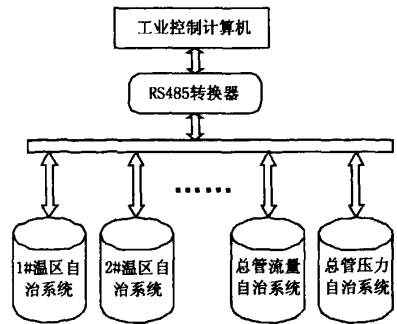


图 2 耐火材料梭式窑分布式控制系统硬件结构图

不一样, 氧化状态时系统根据支管开度与支管比例程序共同控制空气支管, 过渡或者还原状态时系统根据支管开度程序与支管比例程序共同控制燃气支管。

3 MVC 模式软件系统设计

由于 MVC 模式是一种设计思想而不是实现技术, 不同的应用领域不同的软件设计人员对于不同的系统其 MVC 模式的描述往往不同, 基于 MVC 思想的技术方案更是多种多样。本系统考虑到耐火材料窑炉控制工作的特殊性, 产品曲线配方管理涉及的相关工作的保密性以及软件操作用户的广泛性, 系统整体结构如图 4 所示, 采用 MVC 模式为当前主流的工业控制系统 Struts 结构形式^[6]所示。

3.1 登陆 MVC

用户登陆或者注册界面 (View) 中, 需要经过控制器基于角色管理 (Controller), 按照实现设定的不同的角色所见到的用户界面不一样, 完成的工作也不一样的策略模型 (Model), 进入其具体的多媒体人机交互界面 (View)。

3.2 温区总管控制 MVC

耐火材料梭式窑烧成周期一般来说有 10h~150h, 不同的产品周期不一样, 不同的产品有着不同的烧成温度曲线模型 (Model) 和气氛曲线模型 (Model), 耐火材料梭式窑运行过程中 1#~N# 温区以及总管曲线控制 (Controller) 实时根据当前的运行时间在产品设定工艺曲线中寻找目标温度点和气氛点, 并且 Controller 调节各执行部件, 确保窑内采集温度与实

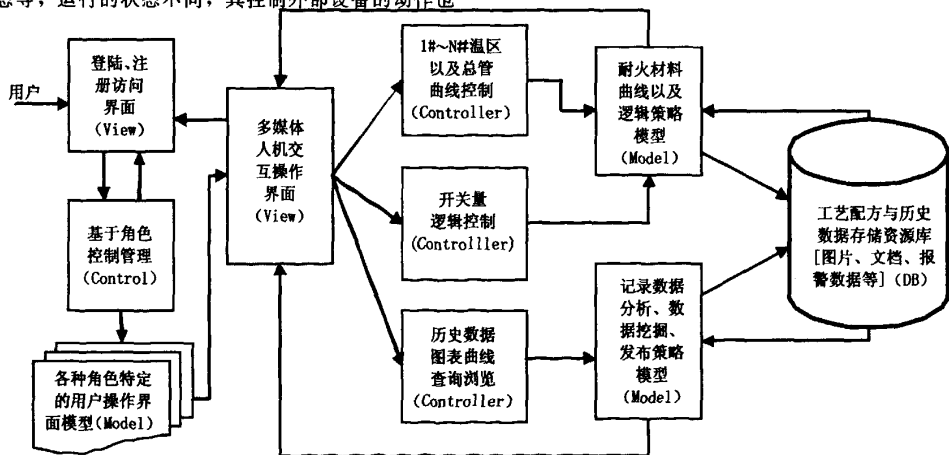


图 3 基于 MVC 模式的耐火材料窑炉软件系统功能结构设计

际气氛与设定值一致，同时反映到多媒体人机交互操作界面 (View)；整个窑炉运行过程反映了窑炉动态地调整跟随产品工艺设定参数的 MVC 过程。

3.3 开关量逻辑控制 MVC

这一项 MVC 的设计对于企业的安全生产起到非常重要的作用。

逻辑策略模型 (Model) 库中存放各种逻辑控制策略，如系统控制外部设备 Model 表示设备启动顺序：依次为排风机 → 助燃风机 → 燃气总管电磁阀 → 燃气放散电磁阀 → 点火许可。每步之间有几分钟时间间隔，上一步不执行，下一步不得电。即启动顺序实现了电气连锁，并且反映给多媒体人机交互操作界面 (View)。燃气总管、空气总管、排风机入口都装有压力开关，运行过程中如果压力变化异常，通过开关量逻辑控制 (Controller) 驱动声光报警，提醒操作人员处理问题，甚至系统可以暂停运行，保障窑炉和产品安全。若系统发现窑炉超载或燃气压力超高，开关量逻辑控制 (Controller) 驱动立刻关断所有燃料供应开关或阀门，确保不出大的安全事故。

3.4 历史数据分析查询 MVC

用户通过多媒体人机交互操作界面 (View) 发出搜索、查看数据的要求后，历史数据图表曲线查询浏览 (Controller) 通过记录数据分析、数据挖掘、发布策略模型 (Model) 执行相应的方法，以图形或者曲线、目标变换数据返回到用户操作界面 (View)^[7]。

记录数据分析、数据挖掘、发布策略模型 (Model) 是接受控制器请求，向数据库服务器发出申请，收到所要求的数据信息后通过一定的策略和方法合理加工、必要时进行有效的数据挖掘，然后再进行将数据信息发布到用户视图 (View)。历史数据查询浏览 (Controller) 作用是通过策略模型 (Model) 把数据存储资源库中的信息以合适的形式提供给使用者，以方便人们在记录数据中查找所需内容。

在耐火材料窑炉控制系统中进行这种显示与行为分离的 MVC 设计可以带来很多好处，一方面使得各子系统的功能相对简单，从而易于实现，也降低了维护的难度；另一方面，又进一步的隔离了工艺配方与历史数据存储资源库，从而提高了后台数据的安全性。

4 MVC 模式软件系统实现

我们用 Borland Delphi7.0 实现了基于 MVC 模式的耐火材料窑式窑分布式控制系统的软件开发。将每一个自治系统用统一的一类来表示，每一个温区的自治系统是它的实例 (对象)。自治系统类有一个很重要的 TTimer 时间触发器，它负责为自治系统内部 Model、View、Controller 之间的数据管理、事务处理、控制输出等工作。

MVC 模式软件系统中核心代码运用组件与多线程的思想来设计实现，每个线程都有它自己的运行内存、句柄和系统资源。系统核心由 5 个线程构成：调度控制管理线程、外设通讯线程、数据处理线程、数据存取线程和数据显示线程，其体系结构如图 4 所示。

各个线程具体含义如下：

(1) 调度控制管理线程为主控线程，负责其他 4 个工作线程的并发、同步调度管理工作。它随着组件的创建而产生，随着组件的被销毁而消亡；

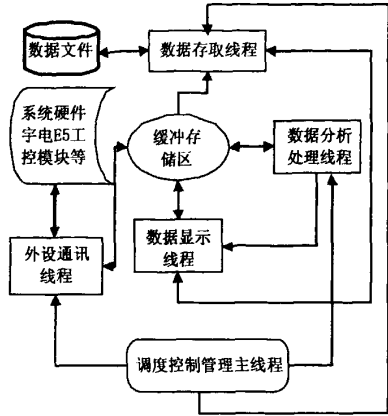


图 4 MVC 控制系统分线程共享缓冲区结构图

(2) 外设通讯线程控制配置给硬件，正常情况下它是一个自治系统，即它自动在后台和硬件完成常规的通讯工作；同时它也接受外界工控模块采集测试数据和控制硬件的指令；

(3) 数据处理线程负责对测试数据的分析处理，如剔除干扰假象数据、计算数据均值和峰值等；

(4) 数据存取线程负责与外设磁盘的数据交换工作，如原始测试数据的存取、处理结果的存取、历史数据的查阅等；

(5) 数据显示线程则把工控模块采集测得的数据或处理后的结果以图形、表格等形式显示出来，还可以显示历史保存在文件中的测试或者分析数据。

各线程之间通过一个共享的缓冲区来传送数据。

系统实现的窑炉程序运行主窗口如图 5 所示。

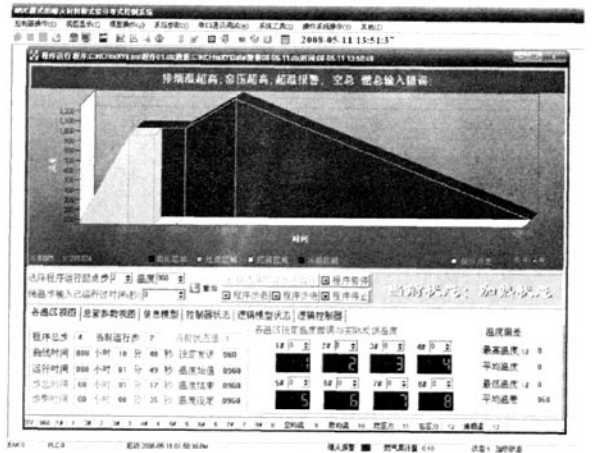


图 5 基于 MVC 模式的耐火材料窑炉控制主窗口

5 结束语

本文论述的基于 MVC 模式耐火材料窑式窑分布式控制系统简单易行，具有很强的通用性，为工业窑炉控制行业提供了较好的模型和方法，具有很强的实际应用价值。

作者已将此系统在国内多个耐火材料企业中投入实际生产运用，取得了非常好的经济效益，而且在很大程度上改变了耐火材料窑炉行业传统控制过程中表现出的温差大、能耗多、烧成质量差的落后状况。

(下转第 1331 页)

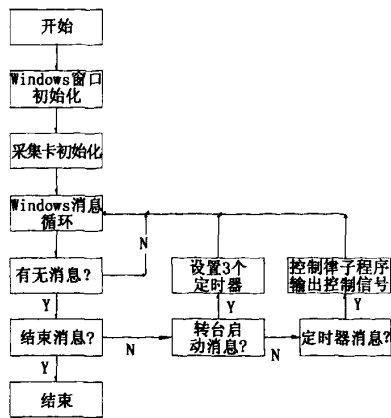


图 5 控制软件流程图

模型与实际系统输出曲线, 模型参数取为: $\beta_0 = 0.79 N \cdot m / \text{rad}$, $\beta_1 = 6.7 N \cdot m / (\text{rad}/\text{s})$, $n = 0.06 V / (N \cdot m)$, $\beta_2 = 0.01 N \cdot m / (\text{rad}/\text{s})$, 表示 Stribeck 效应的非线性方程 $g(\omega)$ 为:

$$g(\omega) = 3.1 + (9.5 - 3.1)e^{-6.0|\omega|} \quad (15)$$

图 6 是在 PID 控制器作用下, 给定转速为 $50^\circ/\text{s}$ 时, 实际系统转速响应和模型仿真曲线的比较。可以看出, 稳态调节过程中, 调节时间约为 0.3s , 转速误差小于 $1^\circ/\text{s}$, 满足系统精度要求。

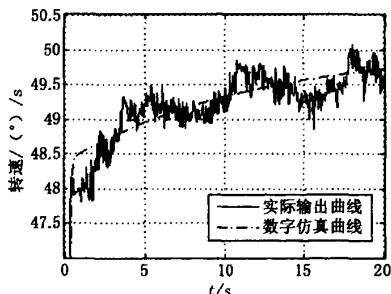


图 6 转台系统阶跃响应

图 7 (a) 是给定转速为 $1^\circ/\text{s}$ 时, 加入摩擦补偿观测器前后数字仿真曲线对比。摩擦模型的存在使系统转速曲线表现出滞滑现象, 系统响应时间为 12.9s , 速度波动范围约 $0.6^\circ/\text{s}$; 加入摩擦补偿观测器后, 系统响应时间约 0.09s , 速度波动范围约 $0.044^\circ/\text{s}$ 。图 7 (b) 是给定转速为 $1^\circ/\text{s}$ 时, 加入摩擦补偿观测器算法前后实际响应曲线对比。可以看到, 未加入摩擦补偿观测器算法时, 系统响应时间约为 13.6s , 存在明显的滞滑现象, 速度变化幅度约 $0.5^\circ/\text{s}$, 系统速度响应曲线呈波浪型, 响应速度不平稳; 加入摩擦补偿观测器算法后, 系统响应

时间约 0.12s , 速度波动幅度约 $0.05^\circ/\text{s}$, 系统低速动态性能得到很大改善。试验结果表明摩擦补偿观测器对滞滑现象抑制效果明显。

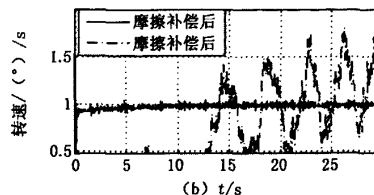
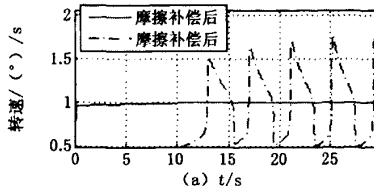


图 7 加入干扰观测器前后的转速响应曲线 (a) 数字仿真曲线 (b) 实际响应曲线

6 结论

本文基于单轴转台设计实现转速控制系统。根据实际系统的特点, 进行了软硬件及控制律的设计, 建立带摩擦模型的转台模型, 提出了基于 LuGre 模型的摩擦补偿的方法, 在低速情况下能有效地抑制摩擦对转台速度的影响。实际运行结果表明, 系统有较好的瞬态和稳态性能, 低速响应平稳。证明本文采用的设计方案可行且有效。所采用的基于摩擦补偿观测器的方法, 对实际改善系统低速性能具有参考意义。

参考文献:

- [1] 吴云洁, 王卫红, 尔联浩. 三轴电动飞行转台控制系统工程设计与实现 [J]. 系统仿真学报, 2002, 14 (1): 97-99.
- [2] Bona B, Indr IM. Friction compensation in robotics: an overview [A] // Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control [C]. Seville, December 12-15, 2005; 4360-4367.
- [3] Misovec KM, Annaswamy A M. Friction compensation using adaptive nonlinear control with persistent excitation [J]. International Journal of Control, 1999, 72 (7): 457-479.
- [4] Canudas Dew IT C, Olsson H, Astrom K J, et al. A new model for control of systems with friction [J]. IEEE Trans on Automatic Control, 1995, 40 (3): 419-424.
- [5] 于志伟, 曾 鸣, 乔大鹏. 采用复合控制的直流力矩电机摩擦补偿 [J]. 电机与控制学报, 2008, 12 (5): 539-544.
- [6] 王忠山, 付 强, 曾 鸣, 等. 仿真转台周期性干扰抑制的研究 [J]. 航空精密制造技术, 2006, 42 (3): 21-23.
- [7] 陈 乐, 杨小虎. MVC 模式在分布式环境下的应用研究 [J]. 计算机工程, 2006, 32 (19): 62.
- [8] 李 莹, 王甲民. 一种基于 Petri-Net 的新型 MVC 模式及实现 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43 (17): 202.
- [9] 陈良臣, 孙功星, 赵锐等. 基于 MVC 的食品安全监控系统的设计 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25 (7): 2091.
- [10] 刘传文. 一种 MVC 控制器的设计与实现 [J]. 计算机应用与软件, 2008, 25 (2): 167.

(上接第 1328 页)

参考文献:

- [1] 杨盛泉, 姚全珠. 工业窑炉分布式控制系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2005, 13 (7): 677.
- [2] 刘晓东, 邵付东, 席延军, 等. 基于 MVC 模式的虚拟物实验平台的设计与实现 [J]. 微电子学与计算机, 2006, 23 (3): 180.
- [3] Model-View-Controller Pattern [EB/OL]. <http://www.enode.com/x/markup/tutorial/mvc.html>.

基于MVC模式的耐火材料梭式窑分布式控制系统

作者: [杨盛泉](#), [刘白林](#), [王志安](#), [南光哲](#), [Yang Shengquan](#), [Liu Bailin](#), [Wang Zhian](#),
[Nan Guangzhe](#)

作者单位: [杨盛泉,刘白林,Yang Shengquan,Liu Bailin\(西安工业大学,计算机科学与工程学院,陕西,西安,710032\)](#), [王志安,南光哲,Wang Zhian,Nan Guangzhe\(西安恒新窑炉技术有限公司,陕西,西安,710065\)](#)

刊名: [计算机测量与控制](#) 

英文刊名: [COMPUTER MEASUREMENT & CONTROL](#)

年,卷(期): 2010, 18(6)

参考文献(7条)

1. [杨盛泉;姚全珠 工业窑炉分布式控制系统的设计](#)[期刊论文]-[计算机测量与控制](#) 2005(07)
2. [刘晓东;邵付东;席延军 基于MVC模式的虚拟作物实验平台的设计与实现](#)[期刊论文]-[微电子学与计算机](#) 2006(03)
3. [Model-View-Controller Pattern](#)
4. [陈乐;杨小虎 MVC模式在分布式环境下的应用研究](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2006(19)
5. [李莹;王甲民 一种基于Petri-Net的新型MVC模式及实现](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2007(17)
6. [陈良臣;孙功星;赵锐 基于MVC的食品安全监控系统的设计与实现](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2008(07)
7. [刘文文 一种MVC控制器的设计与实现](#)[期刊论文]-[计算机应用与软件](#) 2008(02)

本文读者也读过(10条)

1. [崔之开 工业窑炉陶瓷纤维壁衬结构](#)[会议论文]-2003
2. [Jiang Jimu,Huang Xinyuan,Zhou Ningsheng,Li Zaoxia China's nonferrous metallurgy industry and its relevance to refractories](#)[会议论文]-2004
3. [冯青,宫小龙,汪和平,童剑辉,FENG Qing,GONG Xiao-long,WANG He-ping,TONG Jian-hui 梭式窑吸入式烧嘴的三维数值模拟研究](#)[期刊论文]-[工业炉](#)2006, 28(6)
4. [魏纯玉 X-射线荧光光谱法分析高铝质、高硅质及粘土质等耐火材料](#)[会议论文]-2008
5. [潘小勇,陈正军,王哲,胡国林,Pan Xiaoyong,Chen Zhengjun,Wang Zhe,Hu Guolin 卫生瓷梭式窑CAD系统设计与开发](#)[期刊论文]-[陶瓷学报](#)2009, 30(3)
6. [李建平,倪文,邱永侠,赵万智 S H S 耐火材料的应用现状及发展前景](#)[会议论文]-1999
7. [李宪景 浅谈梭式窑的燃烧系统](#)[期刊论文]-[佛山陶瓷](#)1999, 9(3)
8. [郭天立 炼锌竖罐用耐火材料的应用现状](#)[期刊论文]-[有色矿冶](#)2003, 19(6)
9. [李金亮,Li Jinliang 火筒式加热炉耐火材料现场浇铸](#)[期刊论文]-[油气田地面工程](#)2010, 29(1)
10. [张海文,曾令可,王慧,罗民华,程小苏,张明,Zhang Haiwen,Zeng Lingke,Wang Hui,Luo Minhua,Cheng Xiaosu,Zhang Ming 烧工艺美术瓷用多功能梭式窑控制系统的研究](#)[期刊论文]-[仪器仪表学报](#)2004, 26(z1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjzdclykz201006031.aspx