

无线与 PLC 通信技术在 FFU 群控系统中的应用

Application of Wireless and PLC Communication Technology
in FFU Group Control System

汪义旺¹ 宋佳² 张波¹ 潘辉³

(苏州市职业大学电子信息工程系¹,江苏 苏州 215104;

浙江大学电气工程学院²,浙江 杭州 310027;苏州市汉达工业自动化有限公司³,江苏 苏州 215129)

摘要: 针对常规风机过滤器单元(FFU)群控系统存在布线复杂、成本和故障率高、抗干扰能力差、工作不稳定、维护困难等缺点,提出了一种新的基于无线和电力线载波通信(PLC)技术的新型 FFU 群控系统。该系统通过 PLC 技术,将同一车间供电线路上的各个测控单元汇集到无线数据收发控制节点,再利用无线通信网络与监控管理中心进行组网。详细介绍了系统的组成及软硬件实现,并进行了试验运行测试和工程应用。试验结果表明,该群控系统有效地解决了常规群控系统组网布线难、可扩展性差和可靠性低等问题,具有较高的应用价值。

关键词: 无线通信 电力线载波通信(PLC) 风机过滤器单元(FFU) 群控系统 数字信号控制器(DSC)

中图分类号: TP273+.5 **文献标志码:** A

Abstract: Aiming at the shortcomings of existing conventional group control system of the fan filtering unit (FFU), for instance, complex wiring, high cost and failure rate, poor anti-interference capability, instability of operation, and hard to maintain, etc, on the basis of wireless and PLC technology, a new type of group control system for FFU is proposed. In this system, PLC technology is used to converge all the measurement and control units on the common power line in the same workshop into the wireless data transceiver control nodes, and then the wireless communication network and monitoring management center are adopted to accomplish networking. The composition of the system and the implementation of hardware and software are introduced in detail, the experimental running test and engineering application are carried out. The results of the application show that this group control system solves the problems existing in conventional systems, and it possesses higher applicative values.

Keywords: Wireless communication Power line communication(PLC) Fan filter unit (FFU) Group control system Digital signal controller(DSC)

0 引言

大型的净化工程常需采用多台风机过滤单元(fan filter unit, FFU)组成群控系统^[1-2]。目前,FFU 群控系统的组网多为有线方式。该方式存在布线复杂、成本和故障率高、抗干扰能力差、工作不稳定、维护困难等问题。随着无线和电力线载波通信(power line communication, PLC)技术的发展,将无线与 PLC 技术相结合,发挥两者的优势,组成新型的 FFU 群控系统,能够有效克服常规组网方式的弊端和不足,提高 FFU 群控技术的网络信息化和自动化水平。

本文提出了一种基于无线和电力载波通信技术的新型 FFU 群控系统的设计方案和实现方法,给出了系统的软硬件设计思路,并对所开发的系统进行了试验验证。

江苏省高校科研成果产业化推进基金资助项目(编号:2010-42);
苏州市科技发展计划基金资助项目(编号:SYG201130)。

修改稿收到日期:2011-11-10。

第一作者汪义旺(1981-),男,2008年毕业于江南大学电力电子与电力传动专业,获硕士学位,工程师/讲师;主要从事电力电子与电力传动控制技术的研究。

1 无线与电力载波通信技术

随着通信及网络技术的发展,人们对无线通信技术有了更多的需求,尤其是近年来“物联网”概念的提出,极大地推动了短距离无线通信技术的发展^[3]。同时,随着无线通信技术的快速发展,采用无线通信的方式进行各种物理参数的监测也越来越引起人们的关注^[4]。

PLC 技术则是以低压配电线作为信息传输媒介进行数据或语音等传输的一种特殊通信方式^[5-6]。由于供电网络本身是一种方便、低成本、高可靠性的通信媒介,从而使得电力载波通信使用方便、成本低、易实现^[7-8]。目前,PLC 技术已在各种控制系统中得到广泛的应用。将无线和 PLC 技术相结合,充分发挥各自的优势,并将其应用于 FFU 群控系统,可以减少系统布线、提高灵活性和可扩展性,适用于跨车间的多 FFU 设备群控的大型净化工程应用。

2 系统整体结构

基于无线与电力线载波通信技术的 FFU 群控系

统由监控管理中心、数据集中采集器、无线数据收发节点和若干 FFU 测控单元组成,系统整体结构框图如图 1 所示。

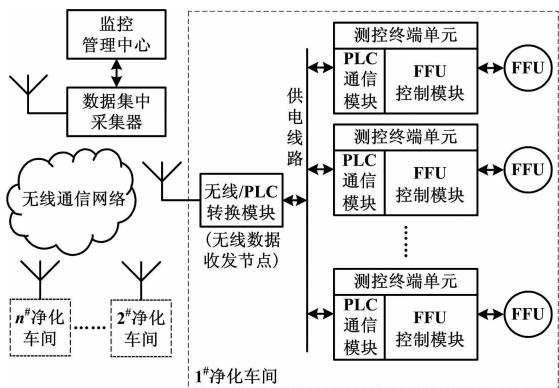


图 1 系统整体结构图

Fig. 1 Overall structure of the system

在同一净化车间供电线路上,各个 FFU 测控单元与无线数据收发节点间采用 PLC 技术组网,电力线路既可以作为电能传输通道,也可以作为数据信息传输

的路径,大大简化了系统布线和安装设计。无线数据收发节点将接收采集到的数据通过无线通信网络传送到数据集中采集器,并接收来自数据集中采集器的指令数据。数据集中采集器与监控管理中心之间采用 USB 进行数据交换。

3 硬件系统设计

3.1 数据集中采集器

数据集中采集器主要完成无线通信数据和 USB 通信间的数据收发转换,采用 Nordic 最新研发的超低功耗无线技术以及 USB2.0 技术 nRF24LU1 进行设计。nRF24LU1 是 Nordic 公司推出的一款将高性能的射频收发器等功能高度集成的无线收发芯片。nRF24LU1 内含无线传输模块、增强型 51Flask 高速单片机和 USB2.0 接口等,同时集成了电压转换模块,直接由 USB 总线供电,无需再加电压转换芯片^[9-11]。数据集中采集器电路^[9]由主芯片、外围电路、天线和 USB 接口电路等组成,如图 2 所示。

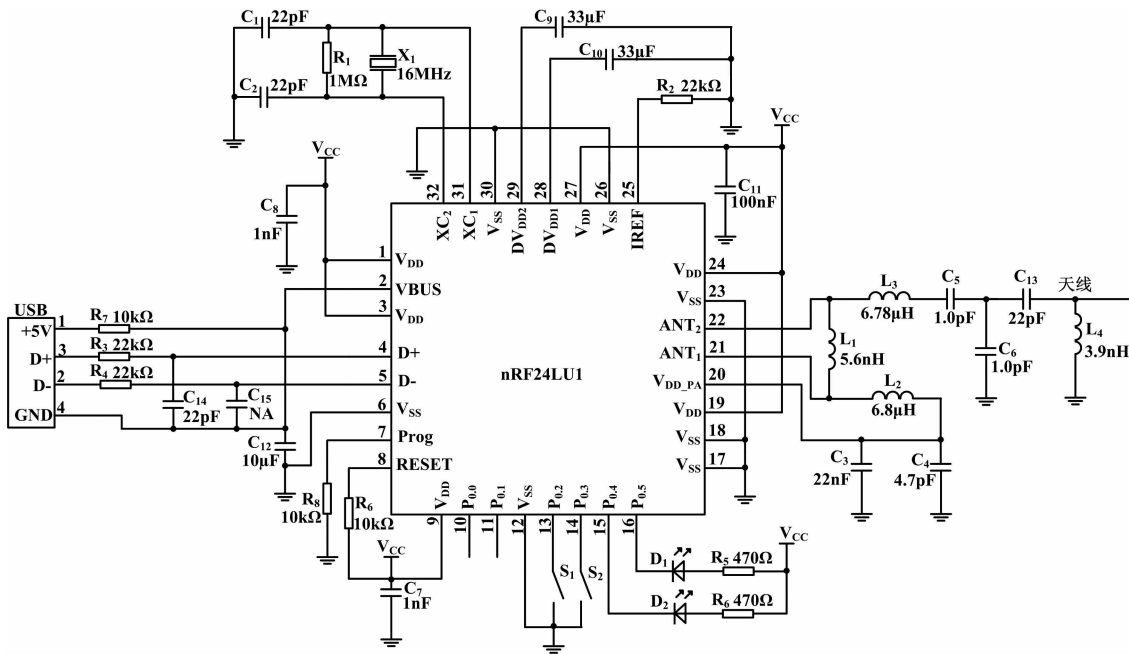


图 2 数据集中采集器电路

Fig. 2 Circuitry of the centralized data collector

3.2 PLC 通信电路

电力通信电路采用北京福星晓程电子科技股份有限公司的 PL2102 芯片设计。PL2102 是特别针对中国电力网恶劣的环境研制开发的、专用于低压电力线通信网络设计的半双工异步调制解调器。

功率放大电路是由晶体管 2SC1015 与三极管 9015 组成的两级互补功放电路。当控制器处于发射

状态时,主控单片机控制 PL2102 开始发送数据,数据经过 PL2102 扩频后由 PSKOUT 脚输出给功率放大电路进行功率放大;然后经过一个 LC 带通滤波器使信号达到电力线载波通信的谐波要求;最后通过耦合电路将调制信号加载到电力线上。

在信号滤波限幅耦合电路中,耦合电路由耦合线圈和电容组成。电容用于滤除工频信号和低频干扰。

发送数据时, 信号经过功率放大滤波后传送至耦合电路, 再经耦合电路耦合到电力线上。接收数据时, 电力线上扩频调制信号经耦合电路进入滤波限幅电路。

滤波限幅部分主要由并联二极管 IN4148 与双向瞬变电压抑制二极管组成。由电感与电容组成并联谐振回路, 能对有效信号进行带通滤波。信号最后通过

模拟信号输入 SIGIN 脚进入 PL2102 芯片, 进行混频解扩处理^[8]。

PL2102 的功率放大电路与信号滤波限幅耦合电路如图 3 所示^[12]。

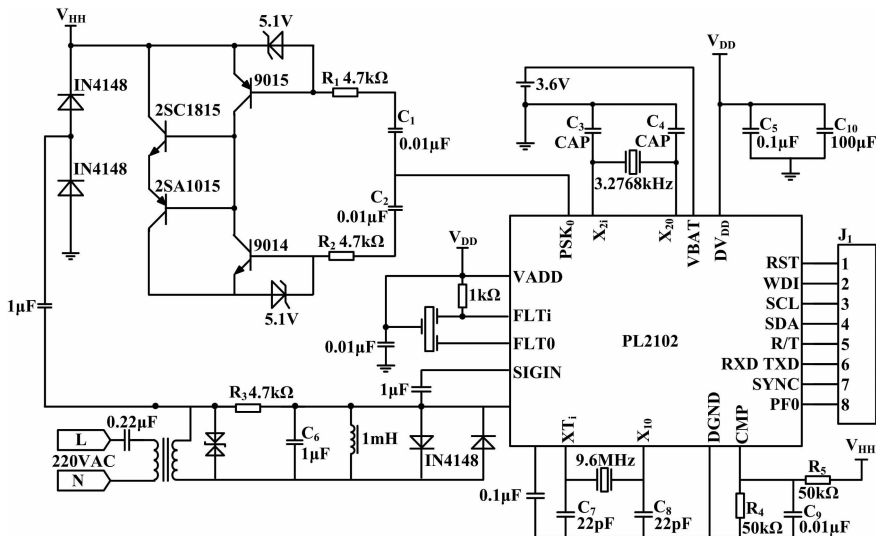


图 3 功率放大与信号滤波限幅耦合电路

Fig. 3 Power amplification and signal filtering limiting coupling circuit

3.3 无线数据收发节点

无线数据收发节点主要完成电力载波通信数据与无线通信数据间的转发, 实现供电线上测控单元的数据与监控管理中心间的组网通信。收发节点采用 Nordic 公司的 nRF24LE1 无线 SoC 单片机^[13-14]。nRF24LE1 内

嵌了无线收发内核 nRF2401 和增强型 8051 MCU, 具有丰富的外设资源, 设计开发简便。nRF24LE1 与 PLC 间采用 I²C 接口进行数据交换通信。无线数据收发节点电路包括 PLC 接口电路、显示和人机接口电路等, 其电路原理图如图 4 所示。

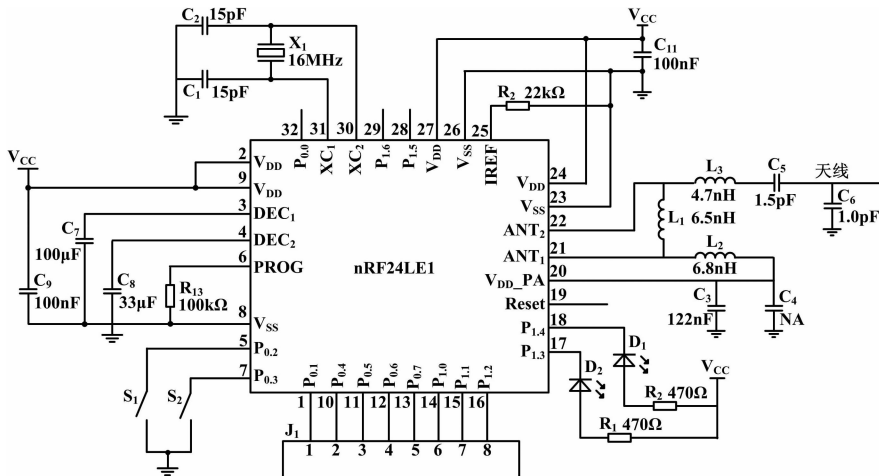


图 4 无线数据收发节点电路

Fig. 4 Wireless data transceiver node circuit

3.4 测控终端单元

测控终端单元主要完成 PLC、FFU 变频调速控制及信号采集的功能, 其硬件组成框图如图 5 所示。测

控单元以 Microchip 公司的 16 位数字信号控制器 dsPIC30F2010 为核心, 利用 dsPIC30F2010 片上的电机控制 PWM 控制专用模块, 结合主电路可完成 FFU 风

机的智能变频调速控制^[15-16]。测控单元采用 I²C 接口与 PL2102 电力载波通信模块连接,完成数据通信组网;并通过片上的 10 位模数转换器(ADC)完成电参数的信号采集;通过正交编码器接口采集电机转速并计算输出风量。

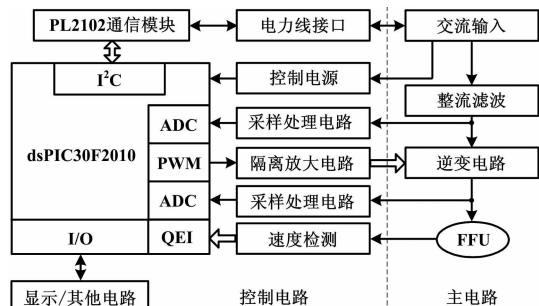


图 5 测控终端单元硬件组成图

Fig. 5 The hardware components of control terminal unit

通过对主电路的变换和控制,将输入的交流电能变成电压和频率可调的交流电输出,供给 FFU 风机,从而根据需要改变风机的转速,以达到风量精确控制的目标^[17]。测控终端模块可将采集的电参数、转速风量等信息通过 PLC 通信网络上传到无线数据收发节点,再通过无线网络上传到监控管理中心,并接收指令进行相应的动作,组成多 FFU 网络化远程群控系统。

4 软件系统设计

4.1 监控管理中心软件设计

监控管理中心是 FFU 群控系统的监控管理系统,其软件采用基于 Visual Studio 开发平台进行开发设计。整个监控系统是集用户管理、系统运行实时监控、变频调速控制、事件日志管理、通信管理模块、数据库管理等于一体的综合管理信息平台。通过对平台的管理和操作,可以实时监控系统中每台 FFU 的运行状态信息,实施远程调度控制,并可打印查询运行日志和事件记录等^[18-19]。

4.2 测控单元软件设计

测控终端单元控制软件主要是对 dsPIC30F2010 控制软件的设计和开发。本文基于 Microchip 的集成环境 MPLAB IDE 开发环境,利用 C 语言编程语言编写控制程序,并采用模块化设计思想设计软件。测控单元的控制软件设计主要包括:主程序模块、工作模式处理模块、智能算法闭环控制模块、人机接口处理模块和 PLC 通信模块等。控制软件主程序流程图如图 6 所示。

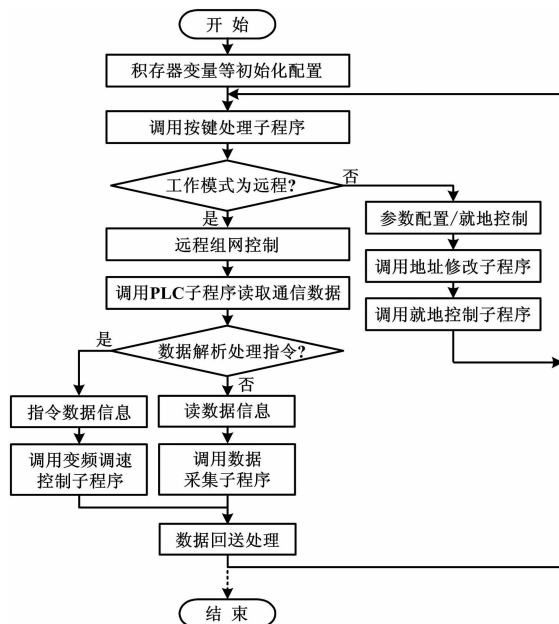


图 6 主程序流程图

Fig. 6 Flowchart of the main program

控制单元上电开始工作时,先对寄存器和变量等参数进行初始化配置,并调用 PLC 通信和人机接口等子程序,读取指令和信息数据进行分析判断;再调用相应的子程序,配合监控管理中心完成对所连接 FFU 的就地控制和数据采集。

5 试验测试和工程应用

根据上述设计方案,开发设计了新型的基于无线与 PLC 的 FFU 群控系统并进行试验验证。试验 FFU 台数为 5 000 台,无线数据收发节点为 25 个,无线节点与数据集中采集器最远距离为 150 m。大量运行测试试验结果表明,该套群控系统通信数据实时准确、系统工作稳定。系统成功应用于某电子厂超净工作车间的洁净工程。从长期工作运行结果看,较传统的控制系统而言,该系统具有可控性好、设计成本低、组网简便和布线少等优点,达到了预期的设计参数目标要求,满足了工厂洁净工程的实际需求,受到了用户的好评。

6 结束语

针对传统的 FFU 群控系统存在的组网布线难、可扩展性差和可靠性低等问题,本文提出了一种基于无线和 PLC 技术的新型 FFU 群控系统。该系统通过 PLC 技术把同一车间供电线路上的各个测控单元汇集到无线数据收发控制节点,再利用无线网络与监控管理中心进行组网。对系统的原理和硬软件设计进行了详细的阐述和介绍,并对系统进行了

开发。试验结果表明,系统可扩展性强、可控性好、组网灵活、设计成本低,具有较高的应用和市场推广价值。

参考文献

- [1] 覃建军. 浅析 FFU 在电子洁净室的应用[J]. 印制电路信息, 2009(6):61-64.
- [2] 汪义旺, 崔鸣, 祁春清. RS-485/Modbus 在 FFU 控制系统中的应用[J]. 自动化仪表, 2010, 31(6):39-41.
- [3] 朱桂峰. 基于 nRF24L01 的无线传感局域网络的研究与设计[D]. 保定:河北大学, 2011.
- [4] 江和, 张培铭, 翁桂华. 基于无线通信的高压设备温度监测系统的设计[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(9):1970-1975.
- [5] Majumder A, Caffery J. Power line communications [J]. IEEE Potentials, 2004, 23(4):4-8.
- [7] 陈凤, 郑文刚, 申长军, 等. 低压电力线载波通信技术及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(22):188-195.
- [8] 高云, 黄汉英, 贾桂锋, 等. 电力载波通信技术在温室数据采集系统上的应用[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10):2569-2572.
- [9] Nordic. nRF24LU1 objective product specification v1.1 [EB/OL]. [2007-09-28]. <http://www.nordicscmi.com>.

- [10] 谢昌斌, 王代华, 张志杰. 基于 nRF24LU1 的无线 USB 数据传输系统的设计[J]. 核电子学与探测技术, 2011, 31(1):79-80.
- [11] 李建明, 彭建学, 于涛. nRF24LU1+ 的 USB 无线网络系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2009(9):36-39.
- [12] 杜建华, 张认成. 基于低压电力载波通信的温度采集系统[J]. 仪表技术与传感器, 2007(5):31-34.
- [13] Nordic. nRF24LU1 preliminary product specification v1.1 [EB/OL]. [2007-08-27]. <http://www.nordicscmi.com>.
- [14] 肖林荣, 应时彦, 马跃坤, 等. 2.4 GHz 射频收发芯片 nRF24LE1 及其应用[J]. 信息技术, 2009(12):13-16.
- [15] 曾赞青, 刘伟, 刘安保. 基于 DSPIC30 F2010 的实用型光伏逆变器的设计[J]. 中国建设动态(阳光能源), 2006(3):40-42.
- [16] 何礼高. dsPIC30F 电机与电源系列数字信号控制器原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007.
- [17] 汪义旺. 新型 FFU 变频调速控制器的设计[J]. 微特电机, 2011(1):38-40.
- [18] 巩浩, 屈玉贵. 基于短距无线通信与 3G 的无线集中抄表系统[J]. 计算机工程, 2011, 37(2):290-292.
- [19] 张玉杰, 宋孟华. OLED 光电性能综合测试系统的设计[J]. 液晶与显示, 2011, 26(1):64-67.

(上接第 61 页)

用工程 4.280 6 MW, 节省了 37.7% 的电能; 使用冷却公用工程 6.861 MW, 节省了 27.4% 的电能, 其中液氮冷却公用工程、水冷却公用工程用量不变, 空气冷却公用工程节省了 2.593 MW。现有换热网络加热公用工程热剂贫氨液的热量来自燃机的废热回收, 节省加热公用工程可以节省贫氨液循环泵的耗能(电能); 减少空气冷却公用工程可以减小空气冷却器的耗电量。改进的设计方案减少了 1 个再沸器, 增加了 2 个换热器, 使该设计改动原换热网络较小, 投资费用较少。

4 结束语

本文使用夹点分析法用于天然气回收装置换热网络的翻新设计, 发现并利用了系统的节能空间, 并据此对天然气回收装置换热网络进行优化设计, 形成了一个翻新换热网络设计。该翻新换热网络设计改动原换热网络较小, 投资费用较少, 使用加热公用工程减少了 2.593 MW, 冷却公用工程中空气冷却公用工程减少了 2.593 MW, 从而节省了贫氨液循环泵的耗能(电能)和空气冷却器的耗能(电能)。天然气回收装置翻新换热网络后每年可节省电能 37.6 万 kWh, 提高了过程能量回收能力, 达到了降低过程能耗的目的。

参考文献

- [1] Reay D A, Ramshaw C, Harvey A P. Process intensification;

- engineering for efficiency, sustainability and flexibility [M]. London: Butterworth-Heinemann, 2008.
- [2] Sieniutycz S, Jezowski J. Energy optimization in process systems [M]. Dordrecht: Elsevier Science, 2009.
- [3] Kemp C. Pinch analysis and process integration [M]. 2nd Edition. Dordrecht: Elsevier Science, 2009: 1-12.
- [4] Linnhoff B, Hindmarsh E. The pinch design method for heat exchanger networks [J]. Chemical Engineering Science, 1983, 38(5):745-763.
- [5] Ahmad S, Linnhoff B. Overall cost targets for heat exchanger networks [C] // Proceedings of the 11th IChem Annual Research Meeting on Heat Transfer, Bath-UK; Institute of Chemical Engineers, 1984.
- [6] Gundersen T, Naess L. The synthesis of cost optimal heat exchanger networks: an industrial review of the state of the art [J]. Computers & Chemical Engineering, 1988, 12(6):503-530.
- [7] Colberg R D, Morari M. Area and capital cost targets for heat exchanger network synthesis with constrained matches and unequal heat transfer coefficients [J]. Computers & Chemical Engineering, 1990, 14(1):1-22.
- [8] Trivedi K K, O'Neill B K, Roach J R, et al. Systematic energy relaxation in MER heat exchanger networks [J]. Computers & Chemical Engineering, 1990, 14(6):601-611.
- [9] Akbarnia M, Amidpour M, Shadaram A. A new approach in pinch technology considering piping costs in total cost targeting for heat for heat exchanger network [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2009, 87(3):357-365.
- [10] Linnhoff March. Introduction to pinch technology [M]. Northwich Cheshire: Linnhoff March, 1998: 7-10.