

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.027

热脱水纤维素硝化脂含水量近红外在线自动检测

刘锡朋^{1,2}, 汪炼², 王国英², 韩志鹏²

(1. 西南科技大学 信息工程学院, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器工业第五八研究所 工业自动化工程技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为克服传统的离线采样分析的不足, 采用近红外检测方式对热脱水纤维素硝化脂 (Nitrocellulose, NC) 含水量进行检测。分析热脱水高污染环境对基于近红外的脱水 NC 含水量检测的应用约束, 并从应用安全性和检测准确性方面分析并选取有效措施保证该环境下近红外检测的实现。试验数据表明, 近红外方式可以完成脱水纤维素硝化脂的安全、准确检测。将近红外检测平台与 PLC 控制平台相结合, 实现了现场控制级对 NC 水分含量的在线准确检测。

关键词: PLC; 热脱水 NC; 含水量在线检测; 近红外

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A

Measuring Moisture-Content of Nitrocellulose Dehydrated by Hot Wind Based on NIR Automatically Online

LIU Xi-peng^{1,2}, WANG Lian², WANG Guo-ying², HAN Zhi-peng²

(1. College of Information Engineering, Southwest University of Science & Technology, Mianyang 621000, China;

2. Dept. of Industrial Automation Engineering Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: NIR detecting mode is adopted to detect moisture-content of NC, dehydrated with hot wind, avoiding the shortage of traditional sampling- analyzing offline. The surroundings, dehydrating Nitrocellulose with hot wind in it, is very dangerous. The restrictions on the application of the method of measuring content of moisture to nitrocellulose, dehydrated by hot wind, based on NIR in the surroundings, told above, is analyzed. With the security and the veracity of application of NIR analyzed, effective measure is chosen to insure the achievement of measuring with NIR. The test data shows that the NIR method can deal with the measure of moisture-content of NC safely and accurately. The method to integrate the platform of NIR surveymeter with PLC control system is designed to achieve the application of measure of moisture- content of NC accurately online with field controller.

Keywords: PLC; NC dehydrated by hot wind; Measure of moisture-content online; NIR

0 引言

在纤维素硝化脂 (Nitrocellulose, NC) 的热脱水生产过程中, NC 脱水后含水量是判断产品是否合格的最终和最关键参数, 决定着检测设备的可用性。由于 NC 在干燥的环境下具有易燃易爆的化学特性, 而在经热脱水环节后仅含微量 (小于 2.5%) 的水分, 故在此时进行水分含量检测非常危险。与传统的离线采样分析相比, 采用非接触式的在线实时检测能够克服 NC 热脱水过程的危险环境对检测的限制, 并能准确及时获取水分含量并及时反馈到控制级, 改进工艺参数, 保证生产的正常进行。在已得到工程应用的几种非接触水分检测方式中, 近红外检测方式的检测精度相对较高且唯一能够达到工艺设计要求检测限, 故研究采用该检测方式对脱水后 NC 的水分含量进行检测的可行性, 并结合 PLC 控制平台进行在线测量。

1 热脱水工艺环境下的近红外检测

1.1 热脱水过程环境对 NC 水分检测的约束条件

1.1.1 安全性约束

1) 在使用热风烘干的方式对 NC 浆进行脱水时, 要求在线检测方式及整个检测设备对现场环境是安全的。即要求所检测的极干燥 NC 对所采用的近红外射线不敏感, 同时在现场的整个检测设备具有本质安全或采取隔离增安等技术手段达到 AExdIIBT4 防爆要求。

2) 针对脱水间现场可能出现由 NC 干燥纤维漂浮形成的粉尘环境, 要求水分检测设备采取防止粉尘窜入设备内部, 以避免引起检测设备内部电子器件故障或引发爆炸事故。

1.1.2 检测精度约束

1) 基于水分中-OH 基团对近红外波长吸收原

收稿日期: 2010-01-07; 修回日期: 2010-03-23

作者简介: 刘锡朋 (1984-), 男, 山东人, 西南科技大学与西南自动化研究所联合培养在读硕士, 从事工业自动化检测及控制技术研究。

理的近红外检测，可能受到 NC 中含有的-OH 基团干扰。

2) 设备进行热脱水烘干时温度高达 90 °C 的热风罩，在周围形成的热辐射环境以及正常照明光线，对采用近红外射线检测媒介的检测方式产生干扰。

3) NC 在脱水烘干后呈短絮状，表面不够平滑，影响采用表面检测的近红外检测方式的精度。

1.2 近红外方式实现热脱水环境下 NC 含水量检测

1.2.1 红外水分检测装置简介

该近红外水分测量仪的基本工作原理是基于水分子对某近红外波长特征吸收，在反射工作方式下通过分析特定波长的近红外能量的衰减程度，得出含水量的多少。

根据测量产品的不同，可测水分含量范围从 0% 到 90%，在标定后测量精度为完整比例范围的 0.5%。

1.2.2 应用安全性

1) 对水分进行检测所用的近红外射线波长大约为 1 940 nm，由灯泡发光经滤波片过滤而得，射线能量不足以使脱水 NC 产生急剧升温至自燃爆炸程度。

2) 针对在该现场爆炸性粉尘环境下对设备的防爆要求，选用具有优于 AExdIIB (Class I, Zone I, AExdIIB) 防爆等级认证的隔爆罩将在现场的水分检测设备整体与周围环境隔离，实现检测设备的整体隔爆^[1]，如图 1。

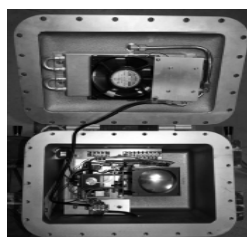


图 1 采用防爆罩的水分检测设备内视图

3) 采取隔爆罩内通入 0.6 Mp 的去油去水压缩空气的方法，对内含电子设备进行冷却，以保证设备在要求的低于 50 °C 环境下运行，并满足环境对设备 T4 防爆等级要求的设备表面温度低于 135 °C 限制，同时，使防爆罩内增压以增加设备防护效果。

1.2.3 检测准确性

1) 红外吸收带的位置与分子结构的特点有着密切的关系。大分子聚合物的 NC 中，-OH 基团的分子结构与水分即 H₂O，在对红外的吸收带上有明显的区分。对水分进行检测所选用的近红外射线波

长为 1 940 nm，在此波长水对射线的吸收很强烈，而-OH 则相对较弱，至少不会在显著程度上影响对水分的检测精度^[2]。另外，提高 NC 检测面的均匀性并采用较大的检测采样面积，可使 NC 中-OH 干扰作为一个常数，便于采取简单补偿的方法对检测数据进行校正。

2) 检测所用的信号均被高频调制以避免环境光对检测的干扰。

3) 采样光斑直径大至 25 mm，较大的采样面积抑制了由采样表面不平滑给检测精度带来的影响。同时，检测设备采用另外一种不会被 NC 和水吸收的射线，实现了对检测物料不均匀的补偿。

综上分析，在采用合理措施的前提下可以用近红外方式对热脱水环境下含水量进行在线检测。试验数据表明：在经过样本的标定后，在 1.6~2.2% 水分含量范围内，近红外水分检测设备对样品的预测值与实验室分析值之间的相关系数达到 93.01%，误差最大不超过 0.2%，多次平均误差仅为-0.08%，达到工艺要求的检测误差水平如表 1。

表 1 近红外在线水分检测与离线分析试验对比数据

	数据						
在线预测值/%	1.6	1.66	1.7	1.99	1.99	2.05	2.12
离线分析值/%	1.63	1.82	1.8	2.08	2.16	1.99	2.19
误差/%	0.03	0.16	0.1	0.09	0.17	-0.06	0.07

2 基于 PLC 控制平台的 NC 水分在线检测

整个 NC 热脱水控制系统采用西门子的 S7-300PLC 作为现场级控制器，并采用 ET-200M 模块利用高速总线技术将热脱水间等远离控制器的现场分系统的检测输入和控制输出作为分布式 I/O。

该工艺过程主要关注 0~2% 区间水分含量，且试验数据显示此范围内预测值误差不大于区间范围的 10%。通过设定将水分检测中的 0~2% 单位质量含水量的检测范围对应到 4~20 mA，以标准信号形式输出，作为模拟量输入并挂接在在热脱水间的 ET-200M 模块中的 SM331 模块，实现 PLC 控制器上对检测值的直接读取。采用 13 位的 SM331 模拟输入模块的转换误差最大为 0.5%，在设定范围内可确保数据的无损转换。

水分含量作为过程成分变量，采样周期在 20 s 左右^[3]，此处前端检测输出最小响应时间是 200 ms，而 SM331 模块的循环转换时间小于 600ms，故整个系统对水分的检测时间小于 0.8 s，远小于 20 s，满足系统对水分变量的在线实时检测要求。

(下转第 96 页)

3 驱动程序的编写

基于 VxWorks5.5 的设备驱动程序直接驱动硬件设备，处于软件的最底层，和板级支持包（Board Support Package，以下简称 BSP）在同一层次上。BSP 向 VxWorks 提供与硬件环境的基本接口，在系统加电时负责完成硬件的初始化，并且驱动程序需要从 BSP 中获得如内存地址、中断号等信息。因此，编写 1394 通讯软件必须先通过 BSP 获得有关硬件信息，再实现 1394 和 ohci（Open Host Controller Interface Specification）协议。

3.1 程序设计

该软件的流程主要分 3 步：软件的初始化、数据的发送和数据的接收。程序流程如图 2。

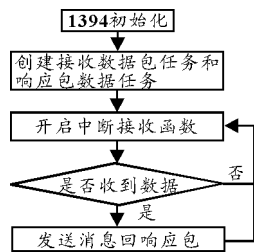


图 2 程序流程图

3.1.1 程序的初始化

该程序的主要任务是完成 1394 的异步通信数据实时传输。即发送方发送数据，接收方收到数据后响应数据包。这个过程需要依靠 VxWorks 的消息机制实现。初始化中的关键是设置 1394 寄存器。1394 有屏蔽节点的功能，因此在异步接收过滤寄存器的设置上需要注意。程序初始化流程如图 3。

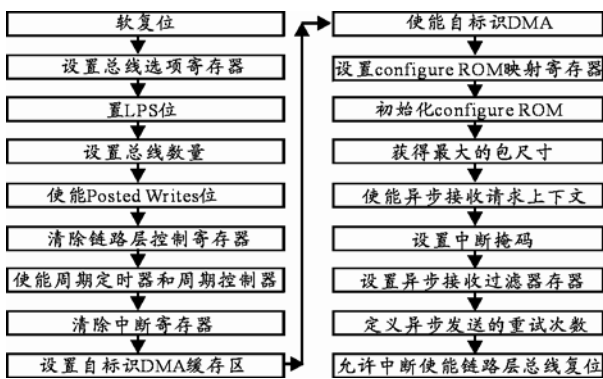


图 3 初始化流程图

3.1.2 数据的发送

程序使用 VxWorks 多任务编程方式。让其在后台运行工作。创建数据发送任务。函数调用如下：
 taskSpawn("data_send",110,VX_NO_STACK_FILL,45000,(FUNCPTR)data_send,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);

在 data_send 函数中需要填写目的地址、源地址、事物代码、扩展代码、数据缓冲区地址、数据的速度。填写完毕后将数据打包发送出去。当然需要对其寄存器进行动态的操作。

3.1.3 数据的接收

程序使用 VxWorks 多任务编程方式。让其在后台运行工作。创建数据接收任务。函数调用如下：
 taskSpawn("data_rec",100,VX_NO_STACK_FILL,45000,(FUNCPTR)data_rec,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);

使用中断接收方式。数据收到后先要比较数据的地址。根据目的地址判断是否接收该数据包。

4 结束语

经测试，该软件能实现高速数据的实时传输。在一个由 1394 协议组成的通信网络中发送和储存 30 兆数据大约需要 40~50 s，这其中包含了数据储存的时间。传输距离可达 15 m。大大的提高了嵌入式设备传输数据的时间和距离。

参考文献：

[1] 李世平, 戴凡, 汪旭东. IEEE-1394 (FireWire) 系统原理与应用技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社.
 [2] 张大朴, 王晓, 张大为, 等. IEEE-1394 协议及接口设计 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社.
 [3] 张斌. 在 Qt/Embedded 中添加触摸屏驱动[J]. 兵工自动化, 2009, 28(9): 82-84.

(上接第 86 页)

水分仪的检测信号输出及 PLC 的模拟量输入都进行了电气隔离。同时检测信号在进入 PLC 模块前采用安全隔离栅进行隔离，保证传输信号线上的本质安全。

3 结束语

试验数据表明：在采取合理措施的前提下，该检测方式在使用安全性和检测准确性方面均满足热脱水高危环境下脱水 NC 的微含水量检测的要求，并可在基于 PLC 的控制平台基础上，实现对含水量的在线自动实时检测。

参考文献：

[1] 刘锡朋, 诸洪, 尚丽平. 硝化棉热脱水装置控制系统可靠性设计[J]. 兵工自动化, 2009, 28(增刊): 89-91.
 [2] 陆婉振, 袁洪福, 许广通, 等. 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2000: 14-26.
 [3] 周欣然, 陈德池, 刘建成. 采样周期对计算机控制系统的影响及其经验选择[J]. 长沙铁道学院学报, 2002, 20(3): 103-104.