

doi: 10.7690/bgzdh.2014.07.019

# 基于真空热脱水工艺的硝化棉自动高效脱驱水生产线

刘锡朋, 汪炼, 王国英, 韩智鹏

(中国兵器工业第五八研究所弹药自动装药研究应用中心, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对目前国内普遍采用的离心机酒精置换离心驱水工艺已不能满足某些后续生产工序要求的问题, 设计一种采用真空热脱水工艺的硝化棉自动高效脱驱水生产线。介绍了生产线工艺原理、工艺流程及设备组成, 重点分析了真空热脱水工艺装备的 3 项关键技术: 驱水棉含水量一致性控制、硝化棉浆管道输送和生产线安全保证技术, 并采取了一系列措施保证硝化棉驱水质量、全线生产连续性和安全性。实践结果表明: 该生产线驱水效率较高, 劳动强度和环境污染降低, 具备较高的安全性、可靠性和先进性, 目前已投入到生产运行中。

**关键词:** 真空热脱水工艺; 硝化棉; 脱驱水生产线

**中图分类号:** TJ410.5<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A

## Automatic Efficient Production Line for Nitrocellulose Dehydrating Based on Vacuum Dehydrating with Hot Wind Technology

Liu Xipeng, Wang Lian, Wang Guoying, Han Zhipeng

*(Research & Application Center for Ammunition Automatic Charging & Assembly, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)*

**Abstract:** Centrifugal dehydrating technology with alcohol displacement method is widely applied for nitrocellulose dehydrating at home at present, and can't fulfill the requirement of some follow-up process. In consequence, a kind of automatic efficient production line for nitrocellulose dehydrating based on vacuum dehydrating with hot wind technology is designed. Principles of techniques, process flow and constitution of the production line is introduced, and three kinds of key technology is expanded on intensively, including control mode to ensure the compatibility of moisture content in the dehydrating nitrocellulose, pipe-line transportation technology of nitrocellulose pulp and technology for ensuring the safety of production line, and a series of measure is adopt to insure the quality of nitrocellulose dehydrating, continuity and safety of production. The production line has been applied with good performance now, which has higher dehydration efficiency, safety, advancement, and lower labor intensity and environmental pollution.

**Keywords:** vacuum dehydrating with hot wind technology; nitrocellulose; dehydrating production line

## 0 引言

硝化棉是以棉纤维为原料制成的硝化纤维素, 是制造油墨、涂料、油漆、发射药等不可或缺的重要原料。其生产工艺流程大体包括混酸配制、纤维素准备、硝酸脂化、安定处理(包括酸煮、碱煮、细断以及精洗)、硝化棉混批及脱水、酒精驱水, 而硝化棉的脱驱水是其中非常关键的环节。

在硝化棉的脱驱水生产过程中, 国内普遍采用隔栏式离心机酒精置换离心驱水工艺。该工艺存在驱水效率低、驱水棉质量不均匀; 工人劳动强度大, 操作人员多, 容易引入外来杂质, 生产本质安全性差; 酒精投入量大, 污染环境等缺点, 且驱水极限水分含量偏高, 不能满足某些后续生产工序的更低含水量工艺要求。基于此, 笔者对真空热脱水工艺的硝化棉自动高效脱驱水生产进行研究。

## 1 生产线工艺原理、工艺流程及设备组成

### 1.1 工艺原理

如图 1, 基于真空热脱水工艺的硝化棉脱驱水过程采用高效的热风穿流干燥方式, 在硝化棉浆经初步脱水在滤网传输带上形成较大表面积的棉层后, 将其由滤网带动下通过由滤网下方负压系统和上方热风形成的强热风流动环境, 在数分钟内迅速脱掉大部分水分, 采用酒精快速喷淋干燥棉层完成钝化后的硝化棉具有更低的极限驱水下限。同时, 采用该工艺可以实现一台机器上连续完成硝化棉浆的脱水、干燥以及喷酒精和卸料的工艺过程, 将硝化棉脱水与酒精驱水合并在一个热脱水单元内完成, 实现自动连续化生产, 减少操作工序, 保证最低的杂质进入, 最大程度上保证产品质量, 有效避免了传统间断式离心脱驱水工艺的上述其他缺点。

收稿日期: 2014-03-02; 修回日期: 2014-04-01

基金项目: 国防基础科研(C1020110001)

作者简介: 刘锡朋(1984—), 男, 山东人, 硕士, 工程师, 从事工业自动化设备控制系统设计研究。

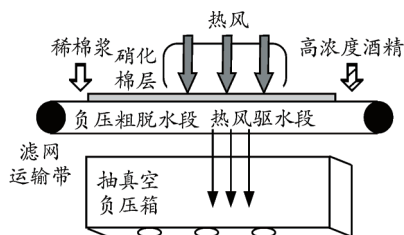


图 1 硝化棉真空热脱水工艺原理

采用该工艺，我单位为国内某厂研制生产了一条硝化棉真空热脱水生产线。该生产线应用计算机对整个生产线运行状况进行现场监控，实现在线状态参数检测、控制回路调节、实时工业电视监视、自动跟踪配酒、开停生产顺序控制、自动记录历史趋势等功能，自动化程度高，本质安全性好，远程操作实现生产的人机隔离，保证人身安全。笔者对该设备的具体应用情况进行简单介绍。

### 1.2 工艺流程

生产线的工艺流程如图 2 所示，主要工艺过程简介如下：

#### 1) 硝化棉浆调浓搅拌。

硝化棉进行真空热脱水之前，需在调浓间将硝化棉浆制浆原料调制成一定浓度的硝化棉浆，并保持一定的温度范围。由于硝化棉的沉降比较快，在生产过程中调浓罐内的硝化棉浆，需不断搅拌，防止沉淀堵塞出料管道和出料的棉浆浓度不均匀。

#### 2) 硝化棉浆上料、布料，负压脱水。

在调浓间混合均匀的硝化棉浆经上料泵至高位槽，在高位槽内的棉浆达到一定液位高度后，开启出料调节阀，将棉浆放进缓冲式布料机构，并通过

缓冲式布料机构均匀连续地布置到传送滤网上。在硝化棉浆进入热风烘干区之前，进行一次真空滤水，迅速驱除大部分水分，之后通过棉层厚度检测装置对初脱水棉层厚度进行测量，为厚度控制和后续的热风烘干、水分检测、酒精喷洒提供参数依据。

#### 3) 热风穿刺烘干驱水。

进入热风烘干阶段，滤网上部用热风罩隔离，热风通过热风罩向下吹向滤网上的硝化棉层，滤网下部真空负压箱形成负压，热风穿过棉层，抽吸硝化棉层的水分，达到预想的脱水效果。

#### 4) 驱水棉负压冷却、水分检测，酒精喷淋。

经过烘干段驱水的硝化棉，立刻进行负压冷却，以减小过高温度对水分检测仪器的影响<sup>[1]</sup>，并有效减小酒精喷淋段高浓度酒精的挥发损耗。之后，进行硝化棉水分在线检测，若水分检测达到要求，酒精喷淋系统根据之前的棉层厚度参数调节酒精喷洒强度，进行棉层的上层酒精喷淋；若水分检测未达要求，检测结果反馈回中央控制室上位监控计算机，再由监控计算机将此结果发送给控制器，一方面由控制器根据控制策略改变输出来保证后续产品的质量要求；另一方面控制器控制控制料仓隔板，将废品硝化棉与合格品分离以便进行再处理。

#### 5) 出料包装工段。

经过硝化棉上表面酒精喷淋过后，硝化棉通过弧形板翻转落入出料输送带，在出料输送带上进行原棉层下层酒精喷淋。喷洒完酒精的硝化棉落入料仓，电机带动螺旋输料器进行卸料，工人在隔离的卸料间称料包装。

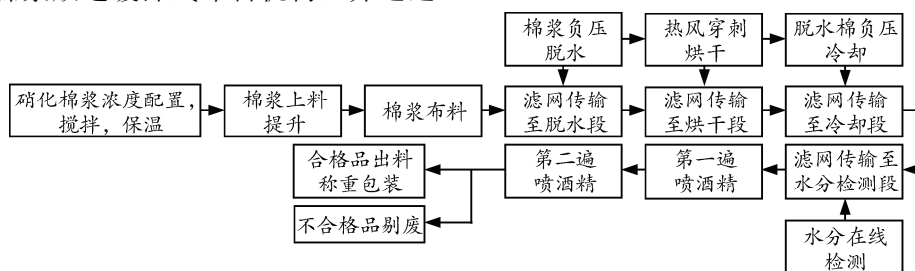


图 2 硝化棉真空热脱水生产流程

### 1.3 工艺设备组成

生产线由真空滤带热脱水机、硝化棉浆配置及供料系统、配酒及供酒系统、热交换机组、负压系统、给水及循环水系统、蒸汽系统、电气控制系统，电视监控系统等组成。

作为该生产线主机的真空滤带热脱水机，在包括硝化棉浆配置及供料、配酒及供酒等辅助系统的配合下，在 1 台设备上连续完成棉浆布料、脱水、

热风穿刺烘干、水分检测、喷酒和卸料。

硝化棉浆配置及供料系统由硝化棉浆配置系统和供料系统 2 部分构成，硝化棉浆配置系统完成棉浆设定浓度配置和设定温度控制，从浓度和温度 2 方面保证稀棉浆的一致性，减小对硝化棉烘干过程的干扰；供料系统完成将配置好的稀棉浆通过棉浆输送管道顺畅的送到布料装置。

配酒及供酒系统完成将给定浓度的酒精以设定

流量通过酒精输送管道配送到真空热脱水机的配酒装置；热交换机组和负压系统分别为真空热脱水主机提供热风和抽滤负压。

给水及循环水系统完成将硝化棉浆脱水后产生的废水回流到废水池中，并在废水池中的水沉淀后，将清水重复利用于稀棉浆的配置和真空热脱水机上滤网的清洗，以节约水资源。

蒸汽系统完成将调浓罐内的稀棉浆溶液加热并使其保持在一定温度；作为热交换机组的热源，将空气加热成设定温度的热风，以通入真空热脱水机用于脱水硝化棉烘干。

## 2 关键技术

### 2.1 驱水棉含水量一致性控制技术

在基于真空热脱水工艺的生产过程中，驱水硝化棉的含水量受到硝化棉铺料厚度、脱水棉温度、滤网传送速度及穿刺热风温度和流量等因素综合影响。驱水棉含水量的一致性从以下方面进行保证。

#### 1) 铺料厚度控制。

稀棉浆铺料系统由高位槽、铺料流量调节阀、溢流式铺料机构、铺料厚度检测装置等构成。由铺料厚度检测装置对棉饼厚度进行实时检测并反馈到控制器对铺料流量调节阀进行闭环控制，以抑制稀棉浆浓度变化对铺料厚度的干扰。为了保证铺料流量的稳定，采取以下措施：将配置好的稀棉浆溶液从高位槽下部进料口源源不断地打入高位槽内，并使多余的稀棉浆通过溢流口溢出，通过使槽内稀棉浆液位在生产运行时始终保持一致，来保证稀棉浆出口压力维持不变<sup>[1]</sup>。

#### 2) 脱水棉温度一致性控制。

稀棉浆经铺料机构布料、热脱水机脱水段真空滤水后形成饼装脱水硝化棉。当脱水棉温度降低时，会降低硝化棉的烘干质量和烘干效率。根据脱水棉的形成过程，分别采取在硝化棉浆配置及供料系统进行稀棉浆温度配置并保温，在热脱水机真空滤水段保持环境风温度的措施，保证脱水棉温度一致性。

#### 3) 烘干段热风温度控制。

烘干段热风由热交换机组采用蒸汽对空气加热并由风机传送到热脱水机烘干段内形成。根据在出风口实时检测反馈的热风温度值，采用 PID 算法对蒸汽流量电动调节阀进行闭环控制，使热风温度控制在一个固定值。

### 2.2 硝化棉浆管道输送技术<sup>[2]</sup>

由于硝化棉不溶于水，与水混合后的稀棉浆属

于悬浮液，在流速较低的状态下，极易沉淀；且硝化棉呈短纤维状，容易相互结团而附着于管路内壁。因为上述原因，导致硝化棉浆在输送过程中极易发生堵塞管路现象，对硝化棉热脱水生产过程的生产效率和生产质量造成严重影响。为保障稀棉浆输送过程通畅，从防止管路堵塞和提高管道疏通便利性 2 方面进行了设计。

在防止硝化棉浆输送管道堵塞，设计方面主要采取了以下措施：根据布料流量选取合适流量及足够扬程的无堵塞型棉浆供料泵；选择适当的棉浆供料管和放料管的通径；通过优化工艺管线布置减小管路阻力，增大回流压力；增大管路内表面光洁度；降低棉浆配置浓度并保持棉浆浓度均匀性。为了提高管道疏通的方便性，采取了设置冲水阀冲洗管线和将整根输送管道采用分段法兰连接方式等措施。

### 2.3 生产线安全保证技术<sup>[3]</sup>

为保证硝化棉的真空热脱水生产过程的安全性，采取了以下措施：

#### 1) 危险区域人机隔离保证人员本质安全。

硝化棉的真空热脱水过程无疑是硝化棉真空热脱水生产过程中最具危险性的生产环节。尤其是热风干燥阶段的高温环境下，处于极端干燥状态的驱水硝化棉对静电等点火源异常敏感，同时在滤带传输过程中极易发生静电累积；用于驱水硝化棉进行喷酒精安定处理的高浓度酒精在高温环境下极易挥发到周围环境，一方面造成易燃爆环境，另一方面威胁操作人员健康。

基于 PLC 和 IPC 构成的两层控制系统，分别实现对现场设备运行的实时可靠自动控制和对现场设备状态的远程监视和控制；采用电视监控系统对整个生产过程进行远程监控。通过对设备的高度自动化控制、远程操控和工况的实时监控，实现了危险区域的人机隔离，保证了人员的本质安全。

2) 从危险源角度考虑，减小危险区域，及时降低驱水棉危险性。

为避免脱水干燥过程硝化棉粉尘漂浮到周围和在酒精润湿安定阶段酒精扩散形成爆炸环境，采用正常工作环境下，由真空吸附环境提供硝化棉粉尘和高浓度酒精燃爆源泄流通道的方式实现。同时采用酒精喷洒和热风吹风动作与相应真空吸附动力系统及喷淋系统联锁动作的方式，保证真空吸附环境与热风干燥和酒精喷洒作业的严格同步，及在真空吸附系统突然停机的异常情况下的设备安全。

由于硝化棉的危险性与温度正相关，与酒精或水分含量负相关，所以及时对驱水硝化棉进行负压冷却和喷酒以降低危险性，以提高生产系统安全性。

### 3) 防止危险区域点火源产生并扩散。

经分析，在热脱水过程可能的点火源包括静电放电、机械火花和控制系统电子器件引起的打火。

为防止静电放电，对于整个的热脱水室采用增大并保证环境湿度，将各管道和脱水机设备有效接地的方式抑制静电累积。尤其在驱水棉经喷酒精润湿安定前阶段，采用在工艺参数上尽量降低滤带传输速度，在设备结构上采用防静电滤带、设置导静电铜刷等方式降低驱水棉的接地电阻，从减小静电累积速度和提高静电泄流速度两方面防止静电累积及其引起的静电放电。为防止机械火花，尤其是与驱水硝化棉接触的螺旋出料机构采用铜件或局部铜件。为保证分布在现场的检测和执行元器件的防爆安全性，根据元器件所处环境中危险因素存在的持续性，分别采用了本质安全型和隔爆型器件，在回路设计时结合隔离安全栅进行处理<sup>[4]</sup>。

### 4) 自动控制系统结合消防雨淋系统处理危险。

根据危险的程度，将烘干间威胁分为警戒级、失控级和高危级3种级别，并分别基于自动控制系统和消防雨淋系统进行处理。当发生警戒级危险时，例如烘干间热风罩内温度超过正常温度并持续上升，触发警戒级处理报警，由自控系统进行警示并提示操作人员处理。当热风罩内温度超过上极限值时，触发失控级危险处理，由自控系统自动打开热

\*\*\*\*\*

(上接第54页)

若采取输入电压 $\uparrow \rightarrow$  PWM 宽度 $\uparrow$ 的方式，占空比最大的理论值为6.25%，调节范围在0%~6.25%之间。通过测试，得到脉冲宽度随着输入信号幅值增加的PWM信号。

若采取输入电压 $\uparrow \rightarrow$  PWM 宽度 $\downarrow$ 的方式，占空比最大的理论值为93.75%，调节范围在93.75%~100%之间。

上述设计给出了产生双路PWM信号的方法，这种方法同样适用于多路输出的情况。

## 3 结论

通过C8051F020单片机的可编程计数器阵列PCA0产生对应ADC0各通道的PWM信号，根据输入信号的特点及工程设计要求设定PWM波的频率，使得脉冲宽度在整个周期内按照输入变量进行调整。实验所得到的双路PWM信号为电源变换电

路提供了驱动及控制信号。

## 3 应用效果

该硝化棉真空热脱水生产线目前已经过投料生产运行。生产结果表明：该线在硝化棉脱驱水生产时，驱水效率较高，能达到更低的驱水下限；劳动强度、酒精投放量和环境污染程度降低；全线具备较高的安全性、可靠性和先进性，有效保证该真空热脱水工艺在硝化棉脱驱水生产中的顺利实现。

## 4 结束语

相对于传统的酒精置换驱水工艺，采用真空热脱水工艺的硝化棉脱驱水技术在提高驱水效率和驱水质量等方面具备明显优势，而该生产线的顺利实施将为硝化棉真空热脱水工艺在国内的推广应用打下坚实的基础。

## 参考文献：

- [1] 韩智鹏, 王国英, 汪炼, 等. 纤维素硝酸酯真空热脱水工艺设备的优化设计[J]. 兵工自动化, 2013, 32(5): 87-90.
- [2] 王国英, 刘锡朋, 汪炼, 等. 硝化棉真空热脱水装置棉浆输送技术研究[J]. 四川兵工学报, 2012, 33(8): 115-116.
- [3] 刘锡朋, 诸洪. 纤维素硝化酯热脱水装置控制系统安全可靠设计[C]. 2010年含能材料与钝感弹药技术学术研讨会论文集, 2010: 373-377.
- [4] 沈谦, 朱全松, 王雪晶, 等. 火工品小群模自动安全高效装药技术研究[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 39-41.

路提供了驱动及控制信号。

## 参考文献：

- [1] 潘琢金, 译. C8051F020/1/2/3混合信号ISP FLASH微控制器数据手册[DB/OL]. 沈阳: 沈阳新华龙电子有限公司, 2005: 263-275.
- [2] 盛赛斌, 李必成, 肖城. 基于C8051F020 SOC芯片的系统温度测控的实现[J]. 仪表技术与传感器, 2005, 42(2): 39-40.
- [3] 鲍可进. C8051F单片机原理及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 142-153.
- [4] 何曦光, 阮祥发, 赵燕. 电机控制中的16位PWM在C8051单片机中的实现[J]. 中国水运, 2006, 28(5): 48-49.
- [5] 王苏. 直流电机PWM调速研究及单片机控制实现[J]. 机电工程技术, 2008, 37(18): 82-85.
- [6] 陆冬良, 张代润. 基于C8051的软开关用移相PWM的实现[J]. 电源技术应用, 2005, 8(9): 49-52.