

## • 综合述评

# 环锭纺纱断头监测技术的创新发展

吕鹏飞, 李新荣, 刘立冬

(天津工业大学 机械工程学院; 天津市现代机电装备技术重点实验室; 天津 300387)

**摘要:**为提高棉纺环锭细纱机产质量、实现细纱断头在线监测,分析细纱断头率对环锭纺速度的制约,从原理和结构方面对国内外环锭纺纱断头在线监测进行分类并阐述在线监测技术方案的现状,详细对比分析各技术方案的工作原理、结构及优缺点。结果表明:环锭纺断头监测技术是环锭细纱机信息化、自动化和智能化管理的必要技术;巡回式监测方案结构简单易安装、改造费用低;单锭式监测方案能实时监测每个锭位断头并采集数据;电锭驱动式监测方案集断头监控、节约能耗等功能于一体,融合了信息技术和智能技术,是未来环锭细纱机锭子驱动、断头监测与控制的发展趋势。

**关键词:**环锭细纱机;断头监测;断头率;单锭式;巡回式;钢丝圈;锭速;导纱钩;电锭驱动  
**中图分类号:**TS103.7      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-9634(2019)04-0042-07

## Innovative Development of Monitoring Technology for Ring Spinning Breakage

LV Pengfei, LI Xinrong, LIU Lidong

(Tianjin Polytechnic University College of Mechanical Engineering;

Advanced Mechatronics Equipment Technology Tianjin Area Major Laboratory; Tianjin 300387, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of cotton ring spinning frame and realize on-line monitoring of yarn breakage, the restriction of yarn breakage on ring spinning speed is analyzed. The detection of yarn breakage in ring spinning both at home and abroad is classified in terms of principle and structure, and the status quo of on-line monitoring technology is described. The working principle, structure and advantages and disadvantages of each technology scheme are analyzed and compared in details. The results show that: ring spinning breakage monitoring technology is a necessary technology for ring spinning frame information, automation and intelligent management; the structure of the itinerant monitoring scheme is simple and easy to install, and the cost of transformation is low; the single spindle monitoring scheme can real-time monitor each spindle breakage and collect data; the electric spindle driving monitoring scheme integrates the functions of breakage monitoring and energy saving, and integrates information technology and intelligent technology. Technology is the development trend of spindle driven, yarn breakage monitoring and control of ring spinning frame in the future.

**Key Words:** ring spinning frame; yarn breakage monitoring; rate of breakage; single spindle type; traveling type; traveller; spindle speed; thread guide; electric spindle driven

收稿日期: 2018-12-26

作者简介: 吕鹏飞(1992—),男,河南商丘人,硕士在读,主要研究方向为纺织机械设计及其自动化。

## 0 引言

传统的环锭纺纱技术具有结构简单、适应品种广、产品结构优良等优点,在众多的纺纱生产技术中占据着主导地位<sup>[1]</sup>;但是,环锭纺单锭位产能效率低,使其发展进程落后于转杯纺、喷气纺和涡流纺等新型纺纱技术。细纱断头率是细纱生产的主要技术指标之一,高断头率则是限制环锭纺产能的主要原因,也是影响纺织厂劳动生产率的重要因素<sup>[2]</sup>。细纱断头多,不仅会增加工人巡检的劳动强度,而且导致成纱质量下降、产量减少<sup>[3]</sup>。此外,细纱断头影响纺纱生产过程的用工、原料损耗、纱线品质和能耗等其它与管理及成本相关的项目<sup>[4]</sup>。

缺少纺纱监测系统的纺织厂在处理关键生产和质量数据时,依赖于低效率、高成本且复杂的方法,效果难以保证;而应用纺纱断头监测技术,能够及时监测纱条的断头、准确了解断头的分布、具体分析断头的原因、方便指导排除故障并制定更完善的维护计划,以优化环锭细纱机值车,使锭子运转高速平稳从而降低能耗,提高环锭纺产能和品质<sup>[5]</sup>。环锭纺断头监测技术可使环锭细纱机实现自动化、信息化和智能化管理,实现对原料的批次追踪,提高成本核算的精确程度,有效拓展纺纱企业资源管理应用的深度和广度<sup>[6]</sup>。

## 1 纺纱断头监测技术方案现状

国内外的棉纺环锭细纱机制造商、纱线测试仪器制造商和科研设计人员,已经提出或运用了某些环锭细纱机纺纱断头监测技术方案,其方案类型包括纱线运动光线反射、导纱钩纱线光路遮断、钢丝圈运动光电扫描、钢丝圈气压式监测、钢丝圈声音式监测等。

### 1.1 按作用锭位分类

从结构型式上,主要可以分为单锭式监测传感结构和巡回式监测传感结构两种。

#### 1.1.1 单锭式监测传感结构

单锭式监测传感结构是在环锭细纱机的每个锭子处安装监测传感器,监测相应的运动件如钢丝圈、纱条或导纱钩等,从而判断与其相关联的纱线是否发生断头。该结构可以实时在线监测并发现产生细纱断头的异常锭位,还可以监控各钢丝圈的转速,统计环锭细纱机的生产效率和值车时间,并及时将信息送入相应的计算机数据库里。虽然其检测精确度较高,但存在使用的传感器数量较多,线路设计复

杂,造价昂贵,系统维护困难等缺陷。

#### 1.1.2 巡回式监测传感结构

巡回式监测传感结构,是在环锭细纱机两侧安装一个轨道,监测头在轨道内完成循环往复运动的同时监测断头等相关信息。该监测结构通过大量减少传感器数量以节约成本,而其数据时效性低于单锭式,且会存在漏检或滞后的问题,不能实现连续监测;若安装附加的传动装置,在其循环往复运动时则要拖动电缆,不方便且功能单一,很难得到满意的效果。

### 1.2 按作用原理分类

按作用原理,监测方案可分为光电式、磁电式、摩擦热敏式、导纱钩气动式、钢丝圈气压式、钢丝圈声音式和机器视觉式 7 大类。

#### 1.2.1 光电式监测方案

光电式监测方案的监测头采用光电传感器,光电传感器通常由光源、光学通路和光电元件组成。光电传感器的工作原理是把光强度的变化转换成电信号的变化,将难于测量的非电量信号转换成便于测量的电量信号,进而实现工作过程的控制<sup>[7]</sup>。

##### 1.2.1.1 钢丝圈运动光电扫描

对应每个钢领,在钢领板上安装相应的光电传感器,用于检测钢丝圈回转信号的方案,一般分为光电反射式和光电对射式。

光电反射式:发光管的发射中心轴线与光电接收器件的接收中心轴线相交,两者交点位于钢领轨道的外圆周面上,且光电接收器的输出端通过处理电路连接至计算机等处理系统中。监测钢丝圈运动用光电反射式结构见图 1 所示。

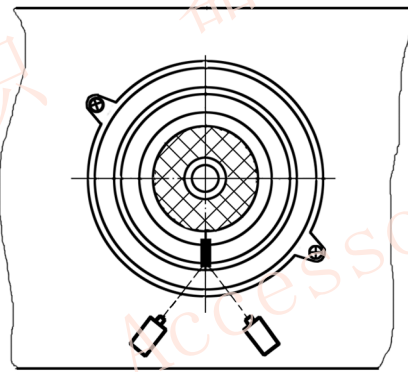


图 1 监测钢丝圈运动用光电反射式方案

光电对射式:发光管的发射中心轴线与光电接收器件的接收中心轴线重合,或两者轴线的夹角偏差不大于 $\pm 5^\circ$ ,发光管的发射中心轴线与光电接收器的接收中心轴与钢领跑道的外周面相切或与钢领

跑道的顶面重合,使光电接收器的输出端与处理电路连接。监测钢丝圈运动用光电对射式方案结构如图 2 所示。

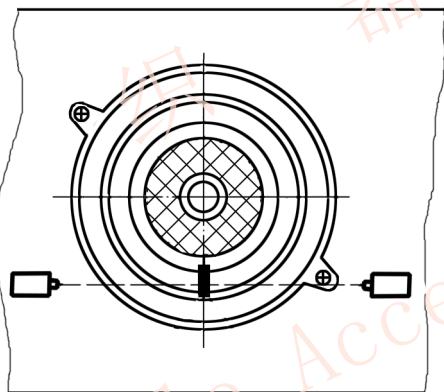


图 2 监测钢丝圈运动用光电对射式方案

发光管不停的发出探测光,随着钢丝圈在钢领上的回转,光源照射到钢领上的光线会产生与钢丝圈回转一致的明暗变化,传感器则输出相应的电流脉冲信号,从而间接判断纱线是否断头;其处理电路输出端与计算机等处理系统连接,系统接收到信号并发出警示信息,挡车工根据警示信号进行处理,同时将数据发送到上位机监控系统。应用这种原理的方法较多,如光电对射式环锭细纱机纱线断头检测机构<sup>[8]</sup>,里特机械公司的环锭细纱机传感器系统<sup>[9]</sup>和立达公司单锭监测系统(ISM)<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.1.2 导纱钩纱线光路遮断

太平洋机电(集团)有限公司提出了一种在导纱钩处监测断头的技术方案<sup>[11]</sup>:导纱钩固定在导纱板上,在导纱板上设置一个有光电传感器的凹形缺口,传感器安装在凹形缺口两侧,当细纱断头时,吸棉管吸取断头后的纱条,使导纱钩内无纱条通过,光电传感元件未检测到纱条信号,便会发出断纱信号,断纱信号通过处理电路传递到计算机处理系统。

比利时巴可公司的 Spin Master Monitoring System 监测系统,具有 3 项基本的监测信息:纺纱断头、气圈转速和纱条直径<sup>[5]</sup>。其设置在导纱钩下方的监测头由光电转换组件组成,监测头的信息数据被传输到传感器控制器。此断头监测管理软件包含断头信息、锭速及其优化、粗纱停喂等;同时,该系统具有纱条直径在线监测功能,可对环锭细纱机各锭位的纱条直径、纱条不匀率、纱疵等在线监测和分析处理,是真正意义的环锭纺断头监测系统。

#### 1.2.1.3 吸棉管纱条光电扫描

将光电传感器安装在经过改造的吸棉管内部,

当细纱发生断头后,在吸棉风机作用下的细纱断头被吸棉管口的吸风气流吸入吸棉管小孔内,纱线对光电传感器发出的光信号形成遮挡,当光电传感器检测到纤维流时,即识别为是细纱发生断头、发出细纱断头的指示信号<sup>[12]</sup>。

吸棉管改造如图 3 所示。将吸棉管分为 A、B、C 三处,C 处安装光电传感器,光电传感器能够检测到纤维流,完成细纱断头的自动检测。

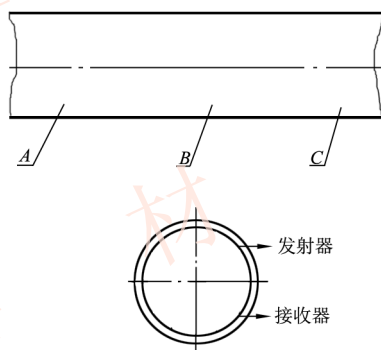


图 3 吸棉管改造示意

#### 1.2.1.4 纱线运动光线反射

纱线运动光线反射检测,是通过判别发射光照射到纱线表面后有或无纱线的反射光强度的差异,从而监测是否断纱。导纱钩位于纱管正上方,反射式光电传感器放置于导纱钩和纱管之间,紧贴导纱钩的下方,正对纱线的转动轨迹,如图 4 所示。该结

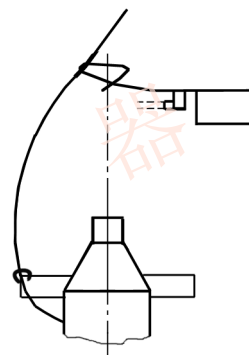


图 4 导纱钩纱线运动光线反射示意

构可以通过检测环锭细纱机纺纱过程中纱锭转速,探测纱线运动状态,从而探测断纱和滑锭两种问题;用于纱线检测的反射式光电结构及方法<sup>[13]</sup>、红外光反射式纱线断纱监控专用导纱装置<sup>[14]</sup>等发明专利就是运用相关原理。这种方法还可用在缠绕纱线的纱管以及导纱钩之间的气圈位置上。

巡回式传感器监测头沿着导轨在纺纱工位巡回监测,该传感器具有一个特殊的、用于测定纱线横截面或纱线直径的测量元件,转动的气圈被照亮并引



起穿透纱线的光线变化,当巡回式传感器监测头从各纺锭纱位旁移过时,该光线变化被近似转换为纱条的直径值或者纱线的横截面积,利用测定的纱条尺寸数据计算出纱条的特性,并由此确定纱线的质量<sup>[15]</sup>。其结构如图 5 所示。

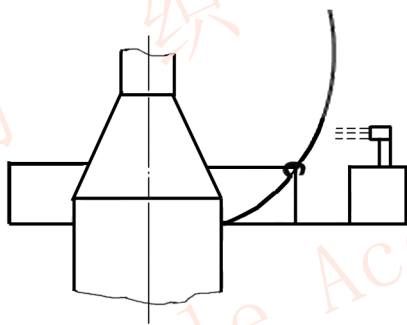
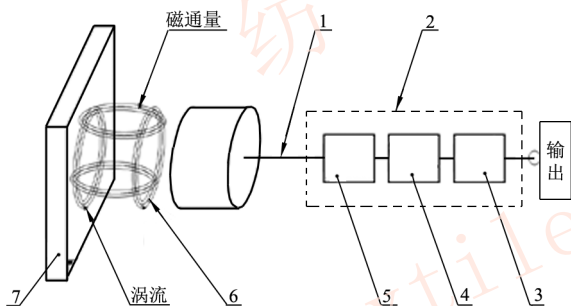


图 5 气圈纱线运动光线反射示意

### 1.2.2 磁电式监测方案

磁电式监测方案即钢丝圈电磁感应监测方案,采用电涡流式传感器监测头,监测头主要由一个安置在传感器壳体内的结构较简单的扁平状圆形线圈构成。电涡流式传感器结构如图 6 所示。



1—延伸电线;2—前置器;3—放大器;4—检测电路;  
5—震荡器;6—探头线圈;7—被测体。

图 6 电涡流式传感器结构

根据法拉第电磁感应原理,当电流  $I_1$  发生变化时,在线圈周围产生一个对应的交变磁场  $\phi_1$ ;当将金属导体置于通有交变电流的传感器线圈磁场  $\phi_1$  中时,由于电涡流效应导体内随之产生电涡流  $I_2$ ,同时也产生一个新磁场  $\phi_2$ ,并和  $\phi_1$  方向相反,抵消部分原磁场,进一步引起传感器线圈的电感量、阻抗发生变化。其磁场变化如图 7 所示。

当钢丝圈沿着钢领轨道运转,并切割磁传感器探头产生磁力线时,磁传感器感应线圈的磁通量发生改变,磁传感器数据变化通过数据线缆传输给计算机系统进行处理,从而获得钢丝圈运动信息。

采用钢丝圈电磁感应监测的方案,如乌斯特公司的 Ring Data 系统、Ring Expert 环锭专家系统和

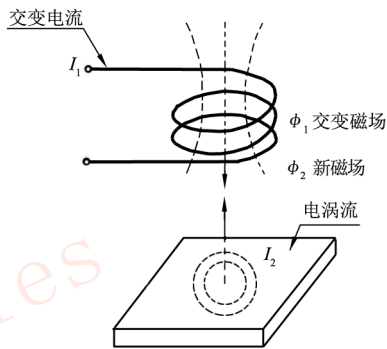


图 7 磁场示意

USTER® Sentinel 系统(单锭式)<sup>[16-17]</sup>,印度普瑞美公司 Ring I 或 Ring eye(巡回式)监测系统<sup>[18]</sup>,德国青泽公司的纱线断头监视器 Fila Guard(单锭式)<sup>[19]</sup>和意大利品特芬尼公司高效纺纱监控系统 Effispin 中的 Sensor Fil(单锭式)<sup>[20]</sup>。

### 1.2.3 摩擦热敏监测方案

该监测方案采用以热敏元件为一次元件构成的传感器,将其安装在环锭细纱机纺纱时摩擦发热的部位,包括纱条与导纱钩内圈接触部位和钢丝圈在钢领回转轨道接触部位。环锭细纱机开始纺纱时,摩擦发热使该部位温度上升,正常纺纱时接触点的温度值变化缓慢,而断头发生之后,由于失去了运动摩擦接触点温度会有所下降。上海二纺机股份有限公司应用该原理发明了一种纱线断头监测专利<sup>[21]</sup>。

以热敏元件安装位置不同,摩擦热敏监测方案分为 3 种结构形式:

- a) 传感器安装在钢领板内侧,夹持钢领座的紧固件将热敏元件夹紧固,并使其紧贴钢领的油线槽槽壁;
- b) 传感器安装在钢领板内侧,传感器外壳上固定有弹簧,其支顶热敏元件紧贴钢领外壁;
- c) 热敏元件置于导纱钩内侧,并与信号检测仪通过导线直接连接。

### 1.2.4 导纱钩气动监测方案

绍兴华裕纺机有限公司公开了一种断纱气动处理装置<sup>[22]</sup>发明,该装置设置于环锭细纱机的导纱钩处,包括导纱钩、作动筒、分气阀和气阀开关等。

在环锭细纱机纺纱时,纱条会对导纱钩施加一定的压力,气阀关闭;在断纱时压力消除,导纱钩在内部弹簧的弹力下移动,气阀开启。利用正常纺纱和断纱两种压力状态的不同,判断纺纱过程中是否断纱,是该方案设计断纱处理装置的原理。

以弹簧的弹力和磁性装置的磁力作为该断纱处

理装置的双重推动力,从而扩大了气阀开关在细号、中号、粗号纱不同情况下的动作适应性,使得该断纱处理装置扩大了适用范围。

### 1.2.5 钢丝圈气压式监测方案

#### a) 反射式气压监测

将气管喷头和气压传感器安装在每个钢领的同侧,喷头的中心线正对钢领跑道的外圆周面,因此气压传感器能够检测到由气管喷头喷出并经钢领反射的恒定气流压力。

#### b) 对射式气压监测

将气管喷头和压力传感器安装在钢领两侧的相对位置,喷头的中心线相切于钢领跑道的外圆周面,或喷头的中心线相切于钢领跑道的顶面,因此气压传感器能够检测到由气管喷头喷出的、正对而来的恒定气流压力。

锭子通过纱条带动钢丝圈旋转,钢丝圈转过气流路径时改变气流方向,气压传感器即可检测到数值的变化;因此,钢丝圈每转过一周,检测值会发生一次较大的变化,就能得到钢丝圈的转速信息;而纱线断头后,钢丝圈转速变慢直至停止,气流压力检测值变化周期发生改变,气压传感器将气流压力信号传至处理单元后,系统进行相应的处理,如:反射气压式环锭细纱机纱线断头检测机构<sup>[23]</sup>,对射气压式环锭细纱机纱线断头检测机构<sup>[24]</sup>。

### 1.2.6 钢丝圈声音式监测方案

以钢丝圈旋转时与钢领表面产生的摩擦声为声源,利用声音传感器采集摩擦声,以声音传感器拾取摩擦声的有或无,转换成电信号的相应变化,从而判断细纱是否发生了断头。

该细纱断头检测方法的特征在于利用微控制器,通过声音传感器采集纺纱时钢领外侧的声音信号,如果检测到的声音信号在每个对应于钢丝圈接近声音传感器的时刻均具有相对于钢丝圈距离声音传感器较远时刻的较高波峰,且该波峰出现的频率比锭子转动的频率略低,则该锭位细纱未断头;否则,该锭位细纱断头。该声音传感器在垂直方向上优选位于与钢领水平或比钢领略高的位置,在水平方向声音传感器距离钢领竖直方向中心线的最小距离大于钢丝圈及纱线气圈运动轨迹的最大外径<sup>[25-27]</sup>。

### 1.2.7 机器视觉监测方案

机器视觉处理是通过利用图像采集装置将实物采集成图像,得到图像采集目标的相关形态信息,并传输给计算机图像处理系统,进行图像信号到数字

化信号的转换过程;计算机图像处理系统对这些数字化的信息进行相关运算,抽取需要的目标特征进行判别,最后根据判别结果处理并控制设备。机器视觉监测方案流程如图 8 所示。

#### 1.2.7.1 纱线光点断头检测

土耳其 Uludag University 的 Eldar Musa 等提

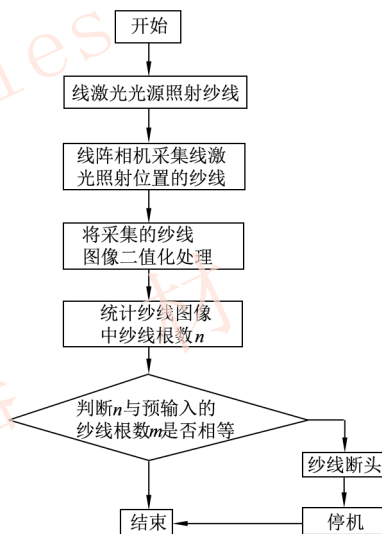


图 8 机器视觉监测方案流程图

出了一种基于线激光的纱线光点断头检测传感器<sup>[28]</sup>,是一种基于线激光的纱线断裂传感器。在该传感器系统中,用线灯照射排列在同一平面上的纱线,用 CCD 摄像机检测纱线上的光点,并与线激光在纱线上形成的光点数进行比较,如果使用的纱线数量大于光斑数量,传感器会警告断纱。另一种基于线激光的实时非接触纱线断头检测方法<sup>[29]</sup>也类似于相机监测光点原理。虽然该方法比较有效地对纱线断头进行检测,但目前仅限于理论实验,且监测到的数据单一,实际纺纱生产中应用难度较大。

#### 1.2.7.2 纱线拍照断头监测

该监测装置具有特定的、提高纱线光照强度的光源(便于图像采集),用工业相机拍摄环锭细纱机纺纱时的纱线图像,并将其传输给工控机进行每帧图像的处理;计算机服务器接收处理后的数据结果后进行相应的处理控制,还可以将结果通过指示灯、计算机屏幕、手机等终端展示出来;具有纱条断头数据的实时呈现、历史查询、数据统计等功能<sup>[30]</sup>。

### 1.2.8 电锭驱动管理监测方案

近些年来,国内外多家企业提出电锭驱动的方案并申请相关专利,如瑞士立达、日本丰田和德国汉宁等公司,使环锭细纱机电锭驱动技术得到进一步发展,相关产品也在近几年的展览会上推出。图 9

为某种智能化电锭驱动单元。



图 9 智能化电锭驱动单元

智能化电锭细纱机利用驱动控制技术,实现对单个锭子的独立驱动,取代了传统的带传动。完美的电锭驱动管理技术融合了信息技术和智能技术,可自动实时监测纱线的断头信息;当纱线发生断头时,驱动控制系统检测到信号并上传至环锭细纱机台计算机,发出警示信号并统计记录,同时反馈控制,完成锭子停转和粗纱停喂等相应功能<sup>[31-32]</sup>。

## 2 纺纱断头监测技术方案对比

光电式监测方案采用独立的光电感应器,监测前方纱线的正常与断头状态,对纺纱生产(不限号数及颜色)实现断纱无损检测;也可以调制特定波长光线,以避免自然光线干扰;光电传感方式多样,能够适应多种纺纱类型的检测。

目前,钢丝圈运动光电扫描和导纱钩纱条光路遮断式监测方案应用得较多,而吸棉管纱条光电扫描和纱条运动光线反射方案应用极少。这是因为吸棉管纱条光电扫描方案装置麻烦且检测量少,还需要改造吸棉管,将吸棉管中间打断并连接光电传感器,只有在发生细纱断头、吸棉管吸入断头的纱条之后,才能监测到断头信息和纱条直径。纱条运动光线反射监测方案采用纱线反射光与无纱线反射光的强度差异进行断头判定,容易受到环境光的影响,且纱线气圈振荡会造成监测失误。

由于牵伸后的纱线很细,而且车间棉絮纤维和飞尘较多,易出现静电吸附和沉积;因此,在实际使用中光电探测头常被遮挡污染,导致设备维护成本较高,且飞花、灰尘等会使传感器误报率偏高,而其它会影响检测结果准确性的因素,还需进一步查找和改进。表 1 为各种断头监测方案监测信息对比。

电磁传感器监测方案利用电磁感应原理监测钢丝圈获取相关信息,已经过数十年的验证,使用寿命较长,性能较为稳定,可准确监测极广范围号数的纱

线,且在纺纱毛羽多的环境下依然能正常工作;监测

表 1 断头监测方案监测信息对比

监测方案	钢丝圈 转速	锭速	纱线 直径	纱线 张力	产 量	效 率	功 耗
钢丝圈运动光电扫描	✓	✓			✓	✓	
导纱钩纱线光路遮断	✓	✓	✓		✓	✓	
吸棉管纱条光电扫描			✓				
纱线运动光线反射	✓	✓	✓		✓	✓	
钢丝圈电磁感应监测	✓	✓			✓	✓	
摩擦热敏监测	✓	✓			✓	✓	
导纱钩气动监测	✓	✓		✓	✓	✓	
钢丝圈气压式监测	✓	✓			✓	✓	
钢丝圈声音式监测	✓	✓			✓	✓	
机器视觉监测			✓				
电锭驱动管理监测		✓		✓	✓	✓	✓

传感器堆积的灰尘和油渍均不会影响检测的准确性,并可以准确监测所有类型的钢丝圈。但是,在钢丝圈转向和远离电磁传感器时会受到涡电流的电磁阻尼作用,使钢丝圈经过传感器时的速度突然变缓、纱线张力变化较大,易增大纱线断头概率。

摩擦热敏传感器监测方案目前还未见到实际应用,这是因为热敏传感器热惰性大,实际监测的灵敏度偏低、系统响应差,而且其受纺纱车间温湿度等工况环境影响较大。

导纱钩气动监测方案采用机械结构和气动机构结合的方式,其结构复杂、制造成本高、维护难度大,还因为环锭细纱机目前都是多锭位设计,在纺纱生产中应用该装置难以灵敏、稳定和可靠地运行;更重要的是,这种监测方案无法得到各锭位的电子化监测信息,也不能实现锭位和纺纱生产过程的信息化、智能化管理及其它系列功能扩展。

钢丝圈气压式监测方案对每个钢丝圈进行监测并获取转速信息,其成本高且需有气源装置和气压传感器,喷出的气体对钢丝圈产生较大的扰动,以至纱线张力变化剧烈、增加纱线断头概率。

钢丝圈声音式监测方案结构简单,声音采集传感器放置于每个锭子处,钢丝圈旋转时与钢领表面产生的摩擦声被采集用于判定转速信息;但应用环境中的各种噪声会干扰声音采集的准确性。

机器视觉监测方案利用工业相机直接拍摄纱线光点数或实时气圈图像,通过计算机处理获得断头等信息;但其图像处理需存储量大、运行快的计算机设备和价格昂贵的高清相机镜头,而且车间飞花、灰尘等污染、遮挡镜头,设备清理维护成本偏高,且易受现场光照条件影响。



电锭驱动式监测方案采用新型直流无刷电机,其传动稳定、一致性好,随着现代控制技术以及电机技术的发展,电机主轴直接连接锭子,取消了传统主轴、滚盘、张力盘等机械传动机构,避免了带传动滑溜而造成的一系列问题,既节省能耗又减少传动磨损,而且电锭可变频调速,其启动响应快、转矩大,纱线张力稳定且不易断纱;但目前所用电机价格较高,电锭的价格约是目前一套锭子设备的2倍~5倍。

### 3 结语

环锭纺断头监测技术是环锭细纱机信息化、自动化和智能化管理的必要技术,通过设计、运用相关技术,能更好实现纺纱企业的高效、智能生产。文中所述监测技术方案各有优缺点,巡回式监测方案结构简单易安装、改造费用低,然而不如单锭式结构能实时监测每个锭位;数据采集方面,单锭式明显优于巡回式;而电锭式通过单电机驱动每个锭子,集断头监控、节约能耗等功能于一体,融合了信息技术和智能技术,是未来环锭细纱机锭子驱动、断头监测与控制的发展趋势。

### 参考文献:

- [1] 陈根才,章友鹤.国内外环锭纺纱技术的发展与创新[J].现代纺织技术,2011,19(1):29-34.
- [2] 康吉源.环锭纺细纱机断头监控系统的设计[D].上海:东华大学,2015.
- [3] 王君,邹明嘉,程国钰.劳动力成本上升对中国纺织业比较优势的影响分析[J].商,2016(18):279.
- [4] 汪军.环锭纺纱线质量检测技术发展现状及趋势[J].纺织学报,2013,34(6):131-136.
- [5] 龚羽,倪远.环锭细纱机纺纱断头监测技术现状与发展评析[J].纺织导报,2012(6):100-104.
- [6] 吴云峰,汪进前.纺织ERP中生产管理系统的研究[J].浙江理工大学学报,2005(2):117-119.
- [7] 吴建平,彭颖,覃章健,等.传感器原理及应用[M].北京:机械工业出版社,2015.
- [8] 顾金华.光电对射式细纱机纱线断头检测机构:CN 201220014683.2[P].2012-09-26.
- [9] 里特机械公司.环锭纺纱机的传感器系统:CN 1688756A [P].2005-10-26.
- [10] Werner Klein, Herbert Stalder. The Rieter Manual of Spinning[M]. Rieter Machine Works Ltd, 2016.
- [11] 太平洋机电(集团)有限公司.具有断纱检测装置的细纱导纱器:CN 200520045862.2[P].2006-12-06.
- [12] 江南大学.一种基于光电传感器的细纱断头检测装置:CN 201210430905.3[P].2012-10-31.
- [13] 乌斯特技术股份公司.用于纱线检测的反射式光电结构及方法:CN 201210250880.9[P].2014-02-12.
- [14] 江南大学.红外光反射式纱线断纱监控专用导纱装置:CN 201310374201.3[P].2015-03-18.
- [15] 泽韦格路瓦有限公司.环锭纺纱机上的纱线的检测装置:CN 98111683.3[P].1999-10-06.
- [16] 刘荣清,张伟敏.细纱断头检测的创新和发展[J].纺织器材,2016,43(5):60-63.
- [17] 高华斌,梁莉萍.USTER® SENTINEL 全面优化环锭纺纱[J].中国纺织,2017(1):73.
- [18] 苏丁仓.普瑞美单锭在线监控 Ultimo 系统[J].纺织器材,2014,41(1):69.
- [19] 徐小敏.现代棉纺生产线应用现状与发展趋势[J].棉纺织技术,2012,40(2):22-26.
- [20] 赵健,倪远.2013 上海国际纺织工业展览会棉纺环锭细纱机新技术简评[J].纺织器材,2013,40(6):45-48.
- [21] 上海二纺机股份有限公司.纱线断头检测装置:CN 02265359.7[P].2003-06-18.
- [22] 绍兴华裕纺机有限公司.一种环锭纺纱机的断纱气动处理装置:CN 201110236299.7[P].2012-01-25.
- [23] 顾金华.反射气压式细纱机纱线断头检测机构:CN 201220014311.X[P].2012-01-13.
- [24] 顾金华.对射气压式细纱机纱线断头检测机构:CN 201220014294.X[P].2012-01-13.
- [25] 天津工业大学.一种细纱断头检测方法及应用该方法的细纱断头检测装置:CN 201210451800.6 [P].2012-11-13.
- [26] 吕汉明,吕鑫.基于声音检测与分析的环锭纺细纱断头检测[J].纺织学报,2015,36(7):142-146.
- [27] 徐建新.一种断头检测方法:CN 200910221019.8 [P].2009-11-03.
- [28] ELDAR M. Line Laser-based Break Sensor that Detects Light Spots on Yarns[J]. Optics & Lasers in Engineering, 2009, 47(7/8): 741-746.
- [29] 青岛大学.一种基于线激光的实时非接触纱线断头检测方法:CN 201611143551.9 [P].2016-12-13.
- [30] 苟永波.细纱机纱线断头监测技术的研究[J].科技与企业,2016(3):239,242.
- [31] 倪远.环锭细纱机电锭驱动管理技术应用探析与展望[J].纺织器材,2011,38(3):43-48.
- [32] 过明言,袁松鹤.智能化电锭细纱机及其优越性[J].纺织机械,2015(3):68-70.