

一种疏水阀无线监测系统的应用

郭睿涵 黄亮 陈钊辛 蔡艳 韩英军

四川中烟工业有限责任公司成都卷烟厂 四川 成都 610000

摘要：蒸汽疏水阀广泛运用于卷烟制丝生产线各工序，其工作状态的好坏直接关系到生产设备的运行及能源的用量。随着网络通讯技术及物联网技术的发展，数字化检测工具的信息化应用已经成为实现精益化生产的重要环节。本文围绕疏水阀检测工具的无线运用，从建立疏水阀在线监测系统入手，结合设备维护和工艺保障的管理需求，拟通过研究疏水阀各种工作状态对设备工艺性能的影响，实现实时在线监测、主动预警、预见性维护的设备维保体系，进一步提升设备对制丝重点工序的保障，并达到节能减排的目的。

关键词：疏水阀；无线检测；数字化；智能化；制丝车间

前言

制丝生产工艺过程所使用的很多加工设备都是利用蒸汽作为热源给烟叶或者烟丝进行加热，因此设备上会安装蒸汽疏水阀以保证整个生产过程中正产进行。

蒸汽疏水阀的作用是通过阻汽排水功能充分利用蒸汽热能，防止蒸汽排放泄漏并及时排放掉冷凝水，保证设备的正常运行效率。疏水阀对保证生产工艺和节能降耗起到十分重要的作用。但是如果忽视了疏水阀的日常维护和检查，疏水阀长期使用后就会出现各种故障，从而造成泄漏和堵塞^[1]。

疏水阀的检查大多是通过维修工的日常巡检，以维修人员耳听或观测镜观察来判断其是否工作正常，这种方法效率低、可靠性差，往往存在漏检或误检。通过维修人员使用手持式测温仪对疏水阀出口、入口温度进行检测，在一定程度上也能判断疏水阀有无泄漏或者堵塞的情况。但是此方法并未做到实时监测，存在发现故障滞后的问题。更为严重的是，当疏水阀发生故障没有及时检查处理的时候，会通过生产过程工艺参数的波动、甚至不达标表现出来，最终影响产品质量^[2]。

1 疏水阀无线监测系统简介

1.1 组成

无线监测系统有硬件和软件两部分构成。具体包括：检测头、转换器/收发器、上位机及管理软件组成。检测头同时具有超声波及温度传感器，采用内部电池供电，输出无线2.4GHz信号；接收器/转发器为外部交流220VAC 50Hz供电，整机设备工作环境温度10℃-40℃，相对湿度：≤95%。示意图如图1。

1.2 原理

检测头使用非侵入式技术安装在疏水阀的上游蒸汽管道上，距离疏水阀最大距离150mm。检测头接受疏水

阀工作时的声音信号，这个声音信号通过2.4GHz无线网络传送到接收器，接收器再通过网线将数据传送到上位机的管理软件，从而高效地监测和诊断蒸汽疏水阀的工作状况，是否泄漏蒸汽或积水，以防止设备故障、产品腐蚀及其他健康和安全隐患。



图1

1.3 特点

- 1) 非侵入式安装无需改变管道
- 2) 实时监测无需人为频繁检查疏水阀工作状态
- 3) 快速判断故障位置
- 4) 通过软件监测管理

1.4 设备现场配置情况

在车间5KB线KLD双区（2点位）、5KA线KLD双区（2点位）、梗线单区（1点位）、制丝试验小线：KLD单区（1点位）共计6点位安装疏水阀检测设备。

在制丝车间格栅上安装收发器，确保覆盖范围能与检测头进行交互。

分别在制丝车间中控室与宽窄专线中控室安装STAP软件终端，用于收集疏水阀数据。

在系统安装调试系统短时间内未检测到有效数据，为了验证设备功能同时不影响生产，项目组利用设备可在一定范围内迁移的特性，将检测头更换到进汽管路，成功采集到泄漏数据。这也是判定项目有效的有力依据。如图2



图2

2 疏水阀相关状态分析

疏水阀各种状态下不同参数之间的关系主要采用相关系数进行验证。相关系数一般用字母r表示，用来度量两个变量间的线性关系^[3]。如下式：

$$r(X,Y) = \frac{Cov(X,Y)}{\sqrt{Var[X]Var[Y]}}$$

Cov (X,Y)：表示的是协方差；

Var[X]：表示的是方差，开根号之后就变成了标准差。

这里， $\rho_{xy} = r(x,y)$ ， ρ_{xy} 是一个可以表征x和y之间线性关系紧密程度的量^[4]。它具有的特点是：

(1) $|\rho_{xy}| \leq 1$ ；

(2) 通常 $|\rho_{xy}| > 0.8$ 时，认为两个变量有很强的线性相关性。

2.1 疏水阀破气锁大小对生产工艺的影响

选择烘丝机筒壁温度疏水阀，通过调节疏水阀蒸汽破汽锁到最大和适中，采集疏水阀检测结果及工艺数据情况，并进行相关性分析。

通过相关性分析显示，疏水阀破蒸汽汽锁开关情况与检测到的蒸汽泄漏量相关系数绝对值小于1.4E-15，表明它们两者之间没有直接关系。疏水阀破蒸汽汽锁调节量与采集上来的疏水管路温度数据相关系数绝对值小于0.3，相关性较小。本实验结论：疏水阀破蒸汽汽锁调节量与检测到的泄漏量无直接关系，且无法验证本项目设备的性能。

2.2 疏水阀阻塞状态对生产工艺的影响

通过在疏水阀出口管道处关闭截止阀，模拟疏水阀

阻塞情况，分析烘丝机热风温度数据与检测头检测到的泄漏数据的情况，并进行相关性分析。

分析结果显示疏水阀阻滞模拟情况下，与KLD热风温度批平均值、标准偏差、合格率、CPK在相关系数方面绝对值均大于0.7，属于强相关。说明疏水阀对热风参数指标影响显著。但阻滞无泄漏产生，无法通过本项目提供的设备很好地表征出来。

2.3 蒸汽泄漏大小对检测结果的影响

将检测头更换到进汽主管道，模拟蒸汽大量泄漏，分析筒壁温度数据与疏水阀检测头检测到的泄漏数据的情况，并进行相关性分析。

在本试验中安装于筒壁炒板蒸汽入口处的检测头检测到的泄漏值与筒壁温度趋势相关系数为0.936，属于强相关。而筒壁温度主要靠蒸汽流量来保证，越高的筒壁温度代表管路中更多的蒸汽流量。故而得到试验结论：本项目所提供设备检测到的蒸汽泄漏量与管路中的蒸汽量正向相关，可较为真实地反映管道中的蒸汽流量变化情况。

2.4 疏水阀泄漏检测

以5KB KLD入口汽水分离器下部疏水阀为依据，当系统检测到有泄漏的情况时，更换新疏水阀后的观察系统情况。该处蒸汽疏水阀与主要分汽缸连接，与5KBKLD所有涉及蒸汽的参数都有关联，但影响非常轻微，且未直接影响到某个工艺参考指标，故而统计时，不考虑疏水阀是否处于生产状态，按时间进行统计。另一方面，为了避免关闭主蒸汽阀门造成无蒸汽的情况，小组学习了STAP系统“状态检测”的属性。STAP状态如

下：Cold——冷管道疏水阀未工作；Good——疏水阀正常工作无蒸汽泄漏；OK——疏水阀正常工作基本无蒸汽泄漏；OK / Medium——疏水阀正常工作轻微蒸汽泄漏；Medium——疏水阀正常工作轻度蒸汽泄漏；Medium / Leaking——疏水阀正常工作中度蒸汽泄漏；Leaking——疏水阀正常工作且蒸汽泄漏。

为保障检测结果，只统计原始数据“Cold”状态以外的数据——疏水阀在工作时的数据。其中11月14日至

11月15日是蒸汽疏水阀泄漏状态的数据，16日对疏水阀进行换新，之后都是疏水阀更换后的数据。

表1中，根据STAP系统机制，将检测到的蒸汽泄漏平均值乘以参考数据个数（15分钟一个数据）即可得出有参考性的蒸汽流失总数。根据工厂相关部门提供的天然气折算蒸汽单价数据，相乘即可得到蒸汽泄漏造成的金额浪费。

表1 疏水阀更换前后蒸汽泄漏数据表

日期(2023年)	蒸汽泄漏平均值 (KG/H)	参考数据个数	每日蒸汽流失总量 (KG)	疏水阀状态	浪费金额 (¥)
11月14日	17.45	69	301	更换前	114.38
11月15日	16.95	65	275.5	更换前	104.69
11月16日	6.146	48	73.75	更换中	28.03
11月17日	0.386	83	8	更换后	3.04
12月1日	0	89	0	更换后	0
12月2日	0.122	90	2.75	更换后	1.05
12月3日	0	74	0	更换后	0
12月4日	0	86	0	更换后	0
12月5日	0	99	0	更换后	0
12月6日	0	93	0	更换后	0
12月7日	0	93	0	更换后	0
12月8日	0	95	0	更换后	0
12月9日	0	96	0	更换后	0
12月10日	0	102	0	更换后	0

结束语

疏水阀状态在目前的实验过程中，除了疏水阀阻塞造成疏水不畅会对生产产生影响以外，其余情况均未对生产工艺造成显著的影响；而疏水阀阻塞该探头无法得出此种状态，故而疏水阀检测头难以检测到疏水阀状态变化对生产工艺的影响。另一方面，疏水阀更换前后，泄漏蒸汽量有了很大的改善，基本实现了0泄漏，符合现场疏水阀设备的实际新旧情况。

疏水阀无线检测系统对制丝车间疏水阀工控具备一定的监控作用，能全天候检测，及时发现能源的浪费，指导预防性维修工作，达到节能减排的目的。如果大范围铺设检测头设备，将会加大疏水阀故障情况的发现概率，并从生产车间层面，较为显著地达到节约蒸汽的效果。

疏水阀无线检测系统是一种方便的检查元器件，但其工作模式决定了它的电池耗量较高，需要每年更换电池，具备一定的维护成本。

参考文献

[1]李海涛.蒸汽疏水阀内部泄漏的检测[J].节能,2008,(8):46-47.
 [2]张纯晖.一种检测蒸汽疏水阀故障的方法及检测装置[J].科技资讯,2015.(7):27.
 [3]孙亚光.地面雷达与常规测量在边坡监测中的比较研究[D].昆明理工大学,2016:55.
 [4]盛骤,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计习题全解指南:浙大·第五版[M].高等教育出版社,2020:110.