

化工流量仪表现场常见故障的快速排查方法

于斌文

新疆东方希望新能源有限公司 新疆 昌吉 831700

摘要：流量仪表是化工生产过程的关键检测设备，其运行状态直接影响工艺控制精度与生产安全。化工现场工况复杂多变，流量仪表故障频发，快速准确的故障排查对保障装置稳定运行具有重要意义。本文在分析化工常用流量仪表测量原理与故障诱发因素的基础上，梳理了差压、电磁、涡街、质量等类型流量计的典型故障现象与成因，提出了“先外后内、先工艺后仪表、先电气后本体”的分层排查策略，给出了不同工况下的快速处置方法，旨在为化工仪表维护人员提供系统化、可操作的故障排查思路与技术参考。

关键词：化工流量仪表；仪表故障；现场排查；计量故障

引言：流量仪表在化工生产中承担着过程控制、物料平衡与产品计量的关键功能，其测量准确性直接关系到装置运行安全与经济效益。然而，化工现场普遍存在高温高压、腐蚀介质、管道振动、电磁干扰等复杂工况，流量仪表故障频发，且故障成因涉及工艺、电气、仪表、环境等多方面因素。当前故障排查工作过度依赖个人经验，缺乏系统化方法，导致排查效率低、误判率高。本文从化工常用流量仪表的测量原理出发，系统梳理典型故障类型与成因，构建分层化快速排查方法，为现场维护人员提供高效、标准化的故障定位与处置方案。

1 化工流量仪表现场运行工况与故障基础理论

1.1 化工常用流量仪表类型及测量原理

化工生产中常用的流量仪表主要包括差压式流量计、电磁流量计、涡街流量计、质量流量计及容积式流量计。差压式流量计基于流体流过节流元件时产生的差压与流量的平方根关系实现测量；电磁流量计依据法拉第电磁感应定律，适用于导电液体测量；涡街流量计利用流体绕过非流线型物体时产生交替漩涡的卡门涡街原理；质量流量计基于科里奥利力效应，可直接测量流体质量流量；容积式流量计通过计量固定容积腔室的充排次数间接测量流量。

1.2 化工现场仪表故障主要诱发因素

化工现场流量仪表故障的诱发因素可归纳为四类：一是工艺因素，包括介质温度压力波动、物性变化、含气或含固等；二是安装因素，涉及直管段不足、前后阀门位置不当、管道振动等；三是环境因素，涵盖电磁干扰、温湿度变化、腐蚀性气氛等；四是仪表自身因素，包括电子元件老化、传感器污染或磨损、参数设置错误等。多因素耦合作用使故障成因复杂化，增加了排查难度^[1]。

1.3 流量仪表故障分类及危害等级划分

按故障表现形式可分为指示异常（偏大、偏小、无指示、最大量程）、指示波动频繁、信号中断、响应迟缓等类型。按故障危害程度划分为三个等级：一级为可能导致安全事故或装置停车的严重故障；二级为影响控制精度但可维持运行的较严重故障；三级为不影响生产但需记录观察的一般性故障。明确故障等级有助于合理配置排查优先级。

2 化工流量仪表现场典型共性故障与分型特有故障

2.1 全类型流量计共性现场故障

各类流量计共有的故障现象主要包括：供电异常导致的仪表无输出、接线松动引起的信号时断时续、接地不良引发的测量偏差、环境温度超出工作范围导致的测量漂移、管道振动对传感元件的干扰等。这类故障的排查应优先检查供电电压、接线端子及接地电阻，确认外部条件满足仪表运行要求后再进行后续分型排查。

2.2 差压流量计特有故障及诱因

差压流量计最典型的故障为指示最小或无指示，主要诱因包括：正压侧引压管堵塞、正压室泄漏、平衡阀未关严或泄漏、节流元件与管道间衬垫不严密导致内漏。指示最大则多由负压引压系统堵塞或泄漏引起。指示波动常见于引压管内存在气泡、正负压导压管内液位不等或冷凝液积聚不均。引压管堵塞和冷凝问题约占差压流量计故障的70%以上。

2.3 涡街流量计特有故障及诱因

涡街流量计以其无可动部件、量程比宽等优势在气体和蒸气测量中广泛应用，但其对管道振动和流体状态的敏感性决定了故障的特殊性。常见故障包括有流量无信号输出、无流量有信号输出及信号不稳定三类。有流量无信号输出时，首先应怀疑传感头灵敏度偏低或已损

坏,压电元件在长期高频振动下可能疲劳失效,其绝缘阻值正常应大于 $2\text{M}\Omega$;其次小流量切除值设置过大也会滤除真实信号。无流量有信号输出主要源于管道振动强度过大,振动信号被误识别为漩涡频率,或灵敏度设置过高导致噪声放大^[2]。信号不稳定多与直管段不足、发生体上有缠绕物、存在变频器等强电磁干扰有关。振动干扰是最难排查的因素之一。

2.4 电磁流量计特有故障及诱因

电磁流量计基于法拉第电磁感应定律工作,其测量稳定性高度依赖电极与介质的良好接触及励磁系统的正常运行。故障主要集中在测量偏差和示值波动两个方面。电极表面污染或极化会在电极与介质之间形成附加接触电阻,使感应电动势被分压衰减,导致测量值偏低;衬里破损后介质渗入电极内部,引起绝缘下降和信号短路;励磁线圈故障直接削弱工作磁场强度,使输出信号同比例减小。导电介质中的气泡会占据有效导电截面,悬浮固体颗粒撞击电极产生尖峰噪声。对于空管报警或测量值偏小,应首先确认管道是否满管、介质电导率是否低于仪表门槛值(一般要求 $\geq 5\mu\text{S}/\text{cm}$),再检查电极回路的对地绝缘电阻,通常应大于 $1\text{M}\Omega$ 。

2.5 质量流量计特有故障及诱因

质量流量计基于科里奥利力原理直接测量流体质量流量,其核心问题集中在密度测量偏差、零点漂移及驱动增益异常三个方面。测量管内部结垢或腐蚀导致管壁厚度减小,使密度读数持续偏低,且偏差随结垢程度加重而增大;测量管未完全充满或介质中含有气泡时,两测量管的振动特性不对称,使驱动增益异常升高(正常值一般在5%~20%之间)。零点漂移是最常见的问题,可能源自传感器安装时管道中对中存在应力、介质温度变化引起测量管弹性模量改变,或外部振动干扰导致检测线圈拾取附加信号。排查时应优先确认传感器满管、无气泡、无沉积,在工艺稳定的条件下执行零点校正,必要时检查安装应力并重新对中紧固。

3 化工流量仪表标准化快速分层排查方法

3.1 排查总体核心思路

确立“先外后内、先工艺后仪表、先电气后本体”的排查原则,确保排查过程条理清晰、不遗漏关键环节。先外后内指首先检查仪表外部的供电、接线、引压管及阀门状态等条件,排除外部因素导致的假性故障后,再拆检仪表本体内部元件,避免盲目拆卸造成二次损伤。先工艺后仪表指在排查初期通过DCS历史趋势对比和与工艺人员的直接沟通,优先确认当前指示异常是否由工艺操作变化或介质物性波动引起,若确认工艺运

行稳定,则转入仪表系统排查。先电气后本体指首先使用万用表等基本工具检测供电电压是否稳定、回路电流是否正常、屏蔽接地是否符合要求,排除电气回路中的断路、短路或接触不良等问题后,再对仪表传感器本体进行深入检查与测试,从而将故障点逐步缩小,提高排查效率与准确性^[3]。

3.2 第一层:工艺与管线快速前置排查

接到故障报修后,应在5分钟内完成工艺层面的快速前置排查。首先通过DCS系统调取该测点的历史趋势曲线,观察指示变化是突发性跳变还是缓慢渐变,突变往往指向仪表或电气故障,渐变则更可能与工艺参数变化有关。其次,与现场工艺人员进行面对面或对讲机沟通,确认当前装置操作条件是否在正常范围内,重点关注温度、压力、介质流量等关键参数是否有明显变动。同时检查该测点前后调节阀、切断阀及手动阀门的实际开度状态,排除因阀门误操作或开度异常所导致的真实流量变化。若经过以上步骤确认工艺操作无异常且流量确实稳定,则可基本排除工艺原因,转入下一层电气与信号系统排查。

3.3 第二层:电气线路与信号系统排查

应在10分钟内完成信号回路的基本核验。首先使用万用表测量变送器供电端电压,确认其是否处于正常范围,通常为 24V DC ,允许波动范围在 18V 至 30V 之间,电压异常则需检查电源模块或线路压降。其次,在信号回路中串联万用表测量回路电流,将实测电流值与DCS操作站显示值进行比对,判断变送器输出是否与DCS接收一致。检查安全栅状态是否正常,观察指示灯有无报警,并逐一排查接线端子有无松动、氧化或接触不良。对于支持HART协议的智能仪表,应使用手操器(HART475或同类型设备)在线读取仪表诊断信息,查看是否存在参数错误或硬件报警代码。若以上信号回路检查全部正常,则可将故障范围缩小至仪表本体,转入下一层参数设置与表头排查。

3.4 第三层:仪表表头与参数设置排查

确认信号回路正常后,重点对仪表表头及内部参数进行核查。首先检查量程范围是否与DCS组态一致,量程设置错误会导致输出信号与实际流量不成比例。其次检查阻尼时间设定值是否合理,阻尼过大会使响应迟钝,无法及时反映真实流量变化,阻尼过小则可能导致示值过于敏感、波动频繁。小流量切除值应结合实际运行工况判断是否偏离正常值,切除值设置过高会使低流量段无信号输出。同时核查流量系数、密度补偿、温压补偿等关键参数是否被误修改或丢失。将仪表就地显示

值与DCS远端显示值进行对比,若两者一致说明问题在变送器本身,若不一致则故障点在信号传输链路。对发现的所有参数异常项应逐项记录原始值及修改后的正确值,作为后续排查的数据依据。

3.5 第四层:传感器本体拆解检查

当前三层排查均未发现异常时,可确认故障点位于传感器本体内部,需要进行拆解检查以定位根本原因。不同流量计类型的检查重点各不相同:差压式流量计应重点检查引压管是否存在堵塞或泄漏、三阀组及排污阀状态是否正常;电磁流量计需检查电极表面是否存在污染或绝缘下降、衬里是否破损渗漏;涡街流量计应测试传感头阻值是否在正常范围内(一般应大于 $2M\Omega$)、发生体是否完好无损;质量流量计则需检查测量管内部是否存在结垢或腐蚀现象。拆解前必须与工艺人员确认当前工况允许拆表作业,办理相关作业票证并落实安全防护措施。拆检完成后,应对仪表进行现场标定验证,确认修复效果合格后方可重新投运。

4 不同类型流量计故障快速定位与现场处置方案

4.1 差压流量计故障快速排查与临时处置

指示偏小或无指示时,检查正压侧引压管及阀门——依次检查一次阀、二次阀是否完全打开,排污阀是否关严,引压管是否堵塞。若引压管堵塞,用蒸气或压缩空气吹扫(注意压力限制)。若变送器本身故障,可临时关闭正负压阀,打开平衡阀后拆下变送器检修或更换。导压管积液问题时,积液处理后重新灌装隔离液或冷凝液,确保正负压侧液位等高。

4.2 电磁流量计故障快速排查与现场消扰措施

测量值波动或偏低时,首先确认传感器是否满管(倾斜安装或高点集气为常见原因),打开排气阀排尽气泡。检查电极污染——用万用表测量电极对地绝缘电阻,低于 $1M\Omega$ 时需拆下清洗电极表面,对严重结垢需用弱酸浸泡后清水冲洗。信号波动由变频器谐波干扰引起时,可临时将变频器载波频率调低,或在流量计电源侧加装隔离变压器、信号线套金属软管并单端接地^[4]。

4.3 涡街流量计波动故障快速抑制方法

无流量有信号输出时,先确认是否为振动干扰——用手触摸管道,若振动明显,检查并紧固管道支撑点或

增设支撑;在流量计前后加装橡胶软管过渡可有效衰减振动传递。信号波动时检查上下游直管段是否满足要求(前 $\geq 10D$ 、后 $\geq 5D$),不满足时调整前后阀门位置。发生体有缠绕物时需拆下清理。若振动无法消除,可在DCS组态中适当增大阻尼值(从1秒逐步调至5秒,以不影响控制为准),并重新调整小流量切除值,使切除点略高于空管状态下的最大干扰幅值。

4.4 质量流量计零点漂移快速校正流程

当确认工艺条件稳定且传感器满管无气泡时执行零点校正:关闭传感器上下游截断阀,确保管内流体处于完全静止状态;通过变送器操作面板或手操器进入零点校准菜单,执行自动零点校正。若校正后零点仍偏移,检查传感器安装是否存在应力——适当松开安装法兰螺栓重新紧固,确保前后管道对中;必要时检查测量管内部是否存在结垢或腐蚀,严重时需送修标定。

结束语

化工流量仪表故障排查是一项综合性的现场工作,其核心在于快速、准确地定位故障点并采取针对性措施。本文在分析化工常用流量仪表测量原理与故障诱发因素的基础上,梳理了差压、电磁、涡街、质量四种主要类型流量计的典型故障现象与成因,提出了“先后内外、先工艺后仪表、先电气后本体”的四层排查策略,并给出了各类故障的快速处置方法。随着智能仪表与状态监测技术的普及,流量仪表故障排查可进一步向预诊断方向发展,通过持续采集仪表运行参数实现异常状态提前预警,将故障排查从“事后处理”转变为“事前预防”,进一步提升化工仪表运行可靠性。

参考文献

- [1]张霄君.化工生产控制自动化仪表故障的排除对策分析[J].内蒙古石油化工,2026,52(2):42-44,48.
- [2]樊辉平.精细化工企业仪表自动化设备故障与维护技术探讨[J].仪器仪表用户,2025,32(4):145-147.
- [3]黄国星.大型化工装置仪表自控系统的故障处理方法研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(14):25-27.
- [4]张海瑞.化工仪表自动控制系统故障与维护技术[J].模型世界,2024(24):90-92.