



流量测量系统 远程诊断集锦

纪纲 纪波峰 编著

工业出版社

流量测量系统 远程诊断集锦

纪 纲 纪波峰 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

流量测量系统远程诊断集锦/纪纲, 纪波峰编著.
北京: 化学工业出版社, 2012.5
ISBN 978-7-122-13983-2

I. 流… II. ①纪…②纪… III. 流量仪表-故障诊断 IV. TH814.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 068481 号

责任编辑: 刘 哲
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 478 千字 2012 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2012—16 号

前 言

节能减排、提高能源利用率是减少资源消耗、保护环境的有效途径，是走新型工业化道路的重要举措。

能源计量与节能监测、能源审计、能源统计、能源利用状况分析是企业能源管理和节能工作的基础，而能源计量又是能源审计、能源统计、能源利用状况分析这些基础的基础。本书所讨论的内容都不是惊天动地的大事情，但都是节能减排这个惊天动地大事业的重要组成部分。用于贸易结算的主要流量测量系统，有时只要一套存在严重问题就会引起一个企业在盈利和亏损之间转换。

在能源计量中，使用了大量的流量测量仪表。这些仪表种类繁多，技术复杂，与复杂多变的测量对象配合，难度极高，这就使得世界一流的制造商所提供的一流品质的流量计，在有些使用现场却不能圆满地完成流量测量任务，影响生产和经营。对大量的实例进行分析诊断结果表明，问题的症结大多数不是仪表本身的问题，而是系统问题。

作者十多年来为几个培训机构举办的“能源计量与流量测量仪表应用技术”培训班讲课，参加培训班的人员多为从事流量仪表应用的工程师、维修人员和管理人员。每次交流活动中听课人员都有很多提问，在提问中有些是咨询性质的，但更多的是实际工作中遇到的疑难问题，有些甚至是存在多年未得到解决的问题。这些问题中，一部分通过当面交流，在弄清情况后有了答案，而更多的则因提问者提供的数据不全，所描述的现场情况不明了、不具体，当场没有明确的答案，待提问者返回工作单位后查清有关数据，提供能详细描述现场情况的照片，才有诊断意见。

作者所提出的整改意见，一部分得到了反馈信息，解决了一些问题，另一些因未能收集反馈信息，而在书中未列出反馈信息，但所做的分析都具有参考价值。

作者在培训班之外，也经常接受流量仪表应用工作者的咨询，通过电话、传真等通讯手段了解技术数据、系统组成等详情，通过电子邮件和彩信传送的照片以及视频等现代化方法，了解现场情况，从而为准确地诊断创造了条件。这就是这本书书名中“远程诊断”的含义。

本书所列举的实例中，也有一部分是作者为用户组建能源计量系统的项目中所遇到的难题，还有一部分来自参考文献，但都有一个共同的特点，即都来自仪表使用现场，所以这本书是实用性极强的关于流量测量仪表应用方面的专业书籍。

本书所列举的一百多个实例，每一个题目都能自成段落，可以从任何一节开始阅读。每一题包括提问者所述的现象或存在的问题，作者对问题所做的分析、诊断结论，所提出的整改意见等。为了把问题存在的原因分析得更透彻，还以讨论的形式对相关的原理、方法进行分析，有的题还给出了相关的参考资料，以附录的方式列出。

编写本书的意图不仅仅是通过罗列一个个实例让读者参考、借鉴，更重要的是启发读者掌握观察问题、分析问题和解决问题的方法。

阅读这本书的读者，需要有一定的技术基础，因为本书没有像教科书那样对测量原理做完整的、全面的、系统的叙述，只在“讨论”部分对相关的原理做简单的介绍。

在本书的编写过程中，斯派莎克工程（中国）公司蔡方明高级工程师，艾默生过程控制

有限公司王隽高级工程师提供了重要技术资料，鞍钢股份有限公司计量厂赵长利工程师，大化集团大连碳化工有限公司孙连生工程师，上海同欣自动化仪表有限公司王建忠高级工程师和冯宏生、陈杰工程师，对书稿的部分章节提出了重要意见。中石化上海工程公司邱宣振教授级高工审阅了主要章节，并对全书的结构提出了宝贵意见，附录 E “关键原因索引”就是根据他的意见增补的。姜璐女士为书稿的整理和校对付出了极为艰苦的劳动，在此一并致以衷心的感谢。

特别要感谢中国仪器仪表行业协会流量仪表专业委员会蔡武昌教授级高工，他审阅了全书并提出了很多重要的修改意见。

由于编著者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬希读者批评指正。

编著者

2012 年 2 月

目 录

| | |
|---|-----------|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 系统诊断与仪表故障诊断 | 1 |
| 1.2 系统诊断必须具备的条件 | 2 |
| 1.3 系统诊断的步骤 | 5 |
| 1.4 流量测量名词术语及定义 | 7 |
| 第 2 章 蒸汽流量测量系统 | 16 |
| 2.1 喷嘴蒸汽流量计指示反方向流量 | 17 |
| 2.2 孔板流量计 C 和 ϵ_1 非线性引起误差的实例 | 18 |
| 2.3 锅炉的汽水平衡与蒸汽管损 | 23 |
| 2.4 蒸汽流量计偏低 15% | 25 |
| 2.5 径距取压喷嘴输出反向差压 | 26 |
| 2.6 差压式蒸汽流量计流量示值为什么会无中生有 | 28 |
| 2.7 蒸汽流量计两个冷凝罐一烫一冷对测量有何影响 | 30 |
| 2.8 45° 引压引出的问题 | 32 |
| 2.9 蒸汽相变引起的测量误差 | 33 |
| 2.10 锅炉产汽量比进水量大 2% | 34 |
| 2.11 涡街流量计示值比孔板流量计示值低 30% | 35 |
| 2.12 蒸蒸锅蒸汽分表计量正常总表时好时坏 | 37 |
| 2.13 锅炉除氧器蒸汽耗量波动大 | 39 |
| 2.14 伴热保温不合理引起的误差 | 40 |
| 2.15 喷嘴流量计指示反方向流动 | 42 |
| 2.16 涡街流量计高流速使用示值严重偏低 | 43 |
| 2.17 旋涡发生体为何多次被冲掉 | 45 |
| 2.18 锅炉房汽表分表与总表在夏季相差 20% | 46 |
| 2.19 两台涡街流量计在小流量时相差 30% | 46 |
| 2.20 垫片突入管道内对涡街流量计的影响 | 47 |
| 2.21 蒸汽严重带水对涡街流量计的影响 | 48 |
| 2.22 饱和蒸汽送到 2km 远的用户处流量示值时有时无 | 50 |
| 2.23 蒸汽供热网管损大压损也大 | 52 |
| 2.24 锅炉产汽量大分配器出口量小 | 53 |
| 2.25 蒸汽以相同的流速在管道内输送, 管径小管损大 | 53 |
| 2.26 锅炉低压运行时蒸汽流量示值大幅度偏低 | 54 |
| 2.27 40% 管损的蒸汽到哪里去了 | 56 |
| 2.28 差压装置导压管引向不合理引入的误差 | 57 |
| 2.29 锅炉负荷小时汽水平衡好, 负荷大时平衡差 | 58 |
| 2.30 与安全阀有关的“流量测量误差” | 59 |

| | | |
|------|----------------------|----|
| 2.31 | 饱和蒸汽流量测量应采用何种补偿 | 60 |
| 2.32 | 如何防止利用流量计功能缺陷作弊 | 61 |
| 2.33 | 压力变送器引压管内凝结水对系统误差的影响 | 64 |
| 2.34 | 用凝结水量验证蒸汽流量计准确度 | 65 |
| 2.35 | 同一根管道为什么管损相差悬殊 | 66 |
| 2.36 | 用热量平衡法验证锅炉除氧器蒸汽流量的实例 | 68 |
| 2.37 | 测量蒸汽的弹头形均速管小流量时误差大 | 68 |
| 2.38 | 差压流量计测量蒸汽流量切断阀应装在何处 | 70 |
| 2.39 | 浴室蒸汽流量计投运后差压超上限 | 72 |
| 2.40 | 发现孔板计算书中介质密度数据有差错怎么办 | 73 |
| 2.41 | 总阀已关线性孔板流量计仍有流量指示 | 74 |
| | 参考文献 | 76 |

第3章 气体流量测量系统

77

| | | |
|------|--------------------------|-----|
| 3.1 | 空压机排气流量比额定排气量大很多 | 77 |
| 3.2 | 空气流量计示值偏高 | 79 |
| 3.3 | 用环室孔板流量计测量湿空气流量示值渐低 | 80 |
| 3.4 | 内锥流量计测量湿气体流量冬季结冰示值偏高 50% | 81 |
| 3.5 | 气态氨流量测量零漂大 | 82 |
| 3.6 | 阿牛巴流量计只正常测量两小时 | 83 |
| 3.7 | T型阿牛巴流量计未插到底引出的负压气体流量问题 | 86 |
| 3.8 | 用阿牛巴流量计测量煤气流量示值渐高 | 88 |
| 3.9 | 圆缺孔板流量计测量煤气流量受结垢影响 | 89 |
| 3.10 | 文丘里管测量煤气流量示值渐高 | 90 |
| 3.11 | 可换式孔板在煤气流量测量中具有特殊地位 | 91 |
| 3.12 | 威力巴流量计测量煤气流量示值偏高 15% | 92 |
| 3.13 | 测量气体的涡街流量传感器常被蒸汽烫坏 | 95 |
| 3.14 | 换上相同通径的新型涡街流量计反而无输出 | 95 |
| 3.15 | 氨气流量示值偏低 6% | 96 |
| 3.16 | 结晶物清除后流量示值仍偏低 | 97 |
| 3.17 | 气体流量计投运后发现组分不符怎么办 | 97 |
| 3.18 | 不同原理的流量计测量干气流量相差悬殊 | 102 |
| 3.19 | 火炬气流量测量难度高 | 106 |
| 3.20 | 天然气处理厂用阿牛巴测量流量, 冬季故障频发 | 108 |
| | 参考文献 | 110 |

第4章 液体流量测量系统

112

| | | |
|-----|------------------------|-----|
| 4.1 | 差压式流量计引压管坡度不符合要求引出的问题 | 113 |
| 4.2 | 冷量表上冷冻水流量示值升不高 | 115 |
| 4.3 | 供冷站送出冷量比冷机铭牌数据大很多 | 116 |
| 4.4 | 科氏力流量计用于批量控制时为何强调配两阶段阀 | 117 |
| 4.5 | 两套科氏力流量计为何示值悬殊 | 118 |
| 4.6 | 科氏力质量流量计测量管内“挂壁”的影响 | 119 |
| 4.7 | 科氏力流量计背压为什么很重要 | 120 |
| 4.8 | 测量重油的两套科氏力流量计示值相差悬殊 | 121 |

| | | |
|------|------------------------|-----|
| 4.9 | 用科氏力流量计测量聚氨酯液体流量误差大 | 126 |
| 4.10 | 循环水流量示值逐步降到零 | 128 |
| 4.11 | 两台盐水计量表示值相差悬殊 | 129 |
| 4.12 | 用不同的阀控制电磁流量计示值相差悬殊 | 130 |
| 4.13 | 测量凝结水的电磁流量计总是指示满度 | 131 |
| 4.14 | 自来水分表比总表走得快 | 133 |
| 4.15 | 电磁流量计出现潜动 | 136 |
| 4.16 | 两台同规格水泵出水量差异大 | 138 |
| 4.17 | 电磁流量计测量管内壁结淤泥 | 138 |
| 4.18 | 电磁流量计显示值晃动和噪声从何而来 | 139 |
| 4.19 | 电磁流量计指示晃动 | 140 |
| 4.20 | 液体结晶引起电磁流量计工作不正常 | 141 |
| 4.21 | 扬程特别高的泵并联运行引起的误会 | 141 |
| 4.22 | 总阀已关电磁流量计一直指示满度 | 142 |
| 4.23 | 测量电解液的电磁流量计示值越来越小 | 144 |
| 4.24 | 液体温度升高体积流量相应增大 | 144 |
| 4.25 | 多台同规格泵并联运行输出量变化的误解 | 145 |
| 4.26 | 与电磁流量计串联的控制阀关闭后流量指示满度 | 146 |
| 4.27 | 熔盐流量用差压式流量计测量效果不佳 | 147 |
| 4.28 | 干式旋翼式水表高流量时偏低严重 | 150 |
| 4.29 | 氨分离器出口阀关小流量不降反升 | 151 |
| 4.30 | 液氨流量计示值跳跃 | 154 |
| 4.31 | 液化天然气等极低温流体流量如何测量 | 156 |
| 4.32 | 夹装式超声流量计测柴油流量效果好测重油无信号 | 159 |
| | 参考文献 | 161 |

第5章 流动脉动、批量控制及涡街流量计应用中的问题 162

| | | |
|------|-----------------------|-----|
| 5.1 | 减压阀振荡引起流量计示值陡增多倍 | 162 |
| 5.2 | 调节系统振荡引起涡街流量计示值增加多倍 | 165 |
| 5.3 | 新型除氧器对流量测量的影响 | 166 |
| 5.4 | 搅拌器叶片对流量测量的影响 | 168 |
| 5.5 | 三通管处的脉动如何处理 | 170 |
| 5.6 | 往复泵脉动引发的问题 | 171 |
| 5.7 | 批量发料中为何会出现超量现象如何解决 | 175 |
| 5.8 | 批量发料控制精度为何受大槽内液位高度影响 | 175 |
| 5.9 | 批量发货装车系统每天第一车总要少 80kg | 177 |
| 5.10 | 批量发料控制夏季很准冬季不准 | 179 |
| 5.11 | 旋涡发生体及孔板锐缘磨损对测量的影响 | 181 |
| 5.12 | 旋涡发生体迎流面有堆积物对测量的影响 | 182 |
| 5.13 | 管道内径比涡街流量计测量管内径小有何影响 | 183 |
| 5.14 | 涡街流量计的测压点为何不能选在表前 | 184 |
| 5.15 | 雷诺数较低时如何提高涡街流量计的测量精确度 | 185 |
| 5.16 | 涡街流量计流量系数与温度之间有何关系 | 188 |
| 5.17 | 涡街流量计一般要缩径而电磁流量计一般不缩径 | 190 |

| | | |
|------|---------------------------|-----|
| 5.18 | 无流量时涡街流量计有流量指示 | 194 |
| 5.19 | 用两台涡街流量计测量蒸汽双向流,反向流动时也有输出 | 195 |
| 5.20 | 涡街流量计直管段长度不够时的处理 | 197 |
| 5.21 | 确定涡街流量计通径时雷诺数验算和密度验算 | 199 |
| | 参考文献 | 201 |

第6章 其他系统

202

| | | |
|------|-------------------------------|-----|
| 6.1 | 直管段长度不够对超声流量计的影响 | 202 |
| 6.2 | 环室取压孔板流量计直管段长度不够对测量的影响 | 203 |
| 6.3 | 孔板在30%FS以下还准吗 | 206 |
| 6.4 | 管道内壁粗糙度不符合要求的影响 | 208 |
| 6.5 | 将环室取压改为径距取压如何实施 | 210 |
| 6.6 | 孔板前积水对流量测量的影响 | 211 |
| 6.7 | 有什么简易的方法可检查 ϵ 校正是否正确 | 214 |
| 6.8 | 喷嘴不确定度为何比标准孔板差 | 216 |
| 6.9 | 差压式流量计系统不确定度计算的实例 | 217 |
| 6.10 | 差压式流量计重复开方示值偏高多少 | 218 |
| 6.11 | 孔板流量计和涡街流量计测量重油流量都不合适 | 219 |
| 6.12 | 隔离液(防冻液)液位高度不一致引入的误差 | 221 |
| 6.13 | 用配校的方法提高系统精确度 | 222 |
| 6.14 | 线性孔板流量计为什么前面要加装过滤器 | 224 |
| 6.15 | 插入式流量计精确度为何比满管式低 | 230 |
| 6.16 | 径流速型插入式流量计为什么比点流速型准确度高 | 233 |
| 6.17 | 插入式涡街流量计在大管径流量测量中困难较多 | 234 |
| 6.18 | 阿牛巴流量计基本上不受雷诺数影响而标准差压装置不行 | 235 |
| 6.19 | 流量计为什么一般都要安装在控制阀之前 | 236 |
| 6.20 | 流量计中为什么要设置小信号切除 | 238 |
| 6.21 | 一次表和二次表中都有小信号切除功能如何正确应用 | 240 |
| 6.22 | 用基地式标准装置实施在线校准 | 241 |
| 6.23 | 用移动式标准装置实施在线校准 | 242 |
| 6.24 | 用增量法验证电磁流量计的实例 | 244 |
| 6.25 | 用临界流喷嘴验证气体流量计的实例 | 245 |
| 6.26 | 将各检定点误差用折线方法校正 | 246 |
| 6.27 | 容积式流量计机械磨损应如何处理 | 248 |
| 6.28 | 均速管流量计种类很多哪种更好些 | 250 |
| | 参考文献 | 252 |
| | 附录A 标准孔板直管段长度 | 254 |
| | 附录B 流动调整器 | 255 |
| | 附录C 标准孔板流出系数表(部分) | 261 |
| | 附录D 孔板流量计系统不确定度估算实例 | 264 |
| | 附录E 关键原因索引 | 269 |
| | 参考文献 | 279 |

第 1 章

绪 论

1.1 系统诊断与仪表故障诊断

1.1.1 什么是流量测量系统

说到流量测量，人们可能马上就联想到家里的水表、煤气表。工业上用的流量测量系统要比家用水表、煤气表复杂得多。

本书中所说的流量测量系统，其组成除了流量测量仪表本身及其附属设备、器件之外，还包括被测对象。这个对象千差万别，是流量测量的服务对象。为服务对象所配置的流量计在现场用不好，不稳定、误差大或故障频发等，有很多是因为对对象的认识不深入、不全面、不正确。

广义的对象还包括使用仪表的环境。因为流量测量是在一定环境中进行的。在恶劣的环境中使用的仪表要比优越的环境中使用的仪表故障率高得多。

上海某大厦中装有 98 套用于能源计量的流量测量仪表，投入运行 12 年来，电磁流量计损坏过 1 台，流量二次表损坏过 1 台，其余的主要仪表包括涡街流量计、超声流量计、压力变送器等，1 台也未损坏过，未受过雷击，未被冻坏过，也未因太阳暴晒、暴雨冲淋而发生故故障，所有这些，除了与仪表优良的品质有关之外，还与大厦内得天独厚的环境有关。

广义的环境还包括软环境，如维护管理人员的技术素质和负责精神。例如江苏某热电厂公司一共只有 30 多套蒸汽流量计，但故障频发，对运行不正常的流量计检查分析后发现，不是外部接线有差错，就是智能化仪表内部数据设置有差错。流量计配用的微型打印机走纸不正常或打印乱码，检查发现不是打印纸方向装反，就是打印机内可以设置的通讯波特率被修改。究其原因该公司仅有一名本来是电工的仪表维修工，改行维护仪表几年进步不快。

还有一个热电厂公司诉说用于流量数据采集的 SCADA 系统有一些计量点测量正常，但数据采不到计算机中，后来制造厂服务工程师前往现场检查处理，先查距操作站最近的 3 个计量点，检查第一个计量点时发现无线数据收发器没有天线；检查第二个计量点时发现流量二次表内没有通讯卡。询问维修人员天线和通讯卡到哪里去了，回答是：不知道。

所以软环境与硬环境同样重要。如果没有良好的软环境，配置的硬设备再先进再精确，也不能发挥其应有的效能。

1.1.2 流量测量系统诊断的任务

流量测量系统的诊断总的来说是在对存在问题的系统进行调查研究，搞清来龙去脉的基础上，经过分析查找问题所在，提出整改意见或作进一步检查的意见。

系统诊断不同于仪表的故障诊断。现在的工业仪表大多已实现智能化，从仪表的自诊断系统所提供的诊断信息，可以知道仪表本身存在什么问题。有些仪表自身不带 CPU，无法进行自诊断，但可通过校验测试其输出与输入信号之间的关系，判断其工作是否正常。如果有问题，则进行单机修理或换上一台好的仪表。但是流量测量系统没有自诊断功能，其输入参数是流量，其输出信号是流量测量结果，欲施加标准的流量输入信号，在现场不具备条件（有些系统在工艺操作人员允许的情况下可以关闭总阀，为系统输入零流量信号。注意，关总阀的操作只能由工艺操作人员进行，不能由仪表人员自行其是），所以只能根据工艺专业提供的理论值或其他间接的方法估算测量结果的误差。发现误差的存在还不同于解决问题，查找流量测量系统的问题所在，只能凭诊断人员的知识、经验进行系统分析。所以流量测量系统诊断是一项难度较高、技巧性很强的工作。

1.1.3 流量测量系统诊断的意义

流量测量应用最重要的两个方面是能源计量和过程控制。

流量测量系统在温度、压力、流量、物位四大参数的测量中占有很大的比重。

存在问题的流量测量系统如果用于贸易交接计量，计量误差或计量事故会使交接的一方蒙受巨大损失，有损企业声誉，甚至引发计量纠纷。

存在问题的流量测量系统如果用于过程控制，系统的不稳定、不可靠，测量结果的不准确，常会给操作人员提供错误信息，影响生产的均衡进行，影响产品质量，严重时甚至造成事故。例如用电远传浮子流量计测量精馏塔的进料流量，由于浮子被卡在满量程处，于是调节器输出将进料控制阀关小，直至关死，等到发现塔板温度不正常，由人工检查发现控制阀关得太小而改为遥控时，精馏塔已经失去平衡，要花数小时甚至更长的时间才能恢复平衡，影响生产，浪费能源。

所以流量测量系统存在问题要及时诊断，及时处理。

1.2 系统诊断必须具备的条件

1.2.1 必须了解所选用流量计的基本参数

通过各种可以利用的方法，例如电话、传真、电子邮件、QQ、彩信或视频等，了解系统所使用流量计的基本参数，如介质名称、组分、最高温度、常用温度、最低温度、最高压力、常用压力、最低压力、最大流量、常用流量、最小流量、管道规格、流量计型号、公称口径及安装方式等。

对测量点的基本参数知之甚少，只知道测量结果不准，这是仪表计量人员未能依靠自己的力量去解决问题的根本原因。

如果做系统诊断的人员能亲临现场，那比用间接的方法获得信息更有效、更准确。

1.2.2 对仪表本体工作是否正常有充分的了解

仪表本体是流量测量系统最重要的组成部分，如果仪表本体工作不正常，那就谈不上整个测量系统工作正常。

对仪表本体要检查：传感器是否好的，转换器是否好的，变送器是否好的，显示表是否好的，用于温度压力补偿的压力变送器、温度传感器是否好的。

差压式流量计引压管线是否已清扫，不堵不漏；差压变送器校零是否准确。

还有些必要的检查项目,例如用差压式流量计测量蒸汽、液体流量时,高低压室是否已排气;用差压式流量计测量湿气体流量时,高低压室是否已排液。还有超声流量计信号强度是否在正常范围内,换能器插头是否松动,夹具是否松动。科氏力质量流量计密度显示值是否正常,故障诊断信息是否看过等。

1.2.3 必须对仪表的安装有充分的了解

有关的规程、规范、标准往往只对仪表安装做了原则的规定。而仪表安装本身是由用户自己完成的,由于用户的经验、技术水平千差万别,对规程、规范、标准的理解不准确、不注意或一时疏忽,都会造成安装不合理、不符合规范而引发系统问题。

例如2.4节所举的实例中,只因正端引压管靠近根部阀的一段坡度不符合规程要求,就引起整套流量计产生相当大的误差。

又如2.1节所举的实例,差压装置根部阀的选型是有缺陷的,但若安装时不将导压管从45°方向引出,或者不将冷凝罐装得那么高,而是根部阀后面马上就装冷凝罐,也就不致引起差压变送器接收到反方向差压。

进行此项调查需要借助于照片、视频,只靠口头描述往往发现不了问题所在。

1.2.4 对有关规程、规范、标准有充分的了解

与流量测量有关的规程、规范、标准,都是对某种产品、某种方法等做规定,都是试验研究成果和多年经验的总结,充分了解了这些内容,也就继承、吸取了前人的经验,以便为我所用。但是,要充分了解这些内容又不是一件容易的事,因为这方面的内容很多。以差压式流量计为例就有:

① GB/T 2624—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 [等同采用 ISO 5167: 2003 (E)];

② GB/T 21188—2007 用临界流文丘里喷嘴测量气体流量 (等同采用 ISO 9300: 2005);

③ GB/T 21446—2008 用标准孔板流量计测量天然气流量;

④ SY/T 6143—2004 用标准孔板流量计测量天然气流量;

⑤ JB/T 5325—1991 均速管流量传感器;

⑥ JB/T 2274 流量显示仪表;

⑦ JJG 640—1994 差压式流量计检定规程;

⑧ JJG 1003—2005 流量积算仪检定规程;

⑨ GB 50093—2002 自动化仪表施工及验收规范。

1.2.5 对实际使用的仪表的技术指标和品质有足够的了解

现在市场上供应的流量测量仪表品牌繁多,品质良莠不齐,在选定品牌前要做充分的调查研究工作,不能不顾品质只贪便宜。

例如2.11节所举的实例就是因为品质不良的涡街流量计引发计量纠纷。

再如2.29节所举的实例,是因为品质不良的涡街流量计引发锅炉负荷小时汽水平衡好,但负荷大时汽水平衡不佳。

掌握了有关品牌的品质信息之后,就可有的放矢进行检查校验,花少量的侦查成本使诊断得到正确的结论。

1.2.6 必须对所选用仪表的特性有充分的了解

例如2.2节所举的实例中,上游的流量计与下游的流量计显示的流量值不相符,就是因

为差压式流量计的流出系数非线性和可膨胀性系数的非线性，只有按标准中给出的数学模型进行补偿才能获得较高的测量准确度，但在不同的测量点，这种非线性引起的误差是不相同的。

再如差压变送器高低压室的排气（排液）方法有不同的设计，有的设计人员对此情况不了解，以致仪表投运后，因高低压室排气（排液）不尽引起仪表零点偏移。

1.2.7 必须对测量对象的工况有充分的认识

流量计的测量精确度与被测流体的工况之间存在密切的关系。有很多流量计自身不带工况补偿，在实际工况与设计工况一致时，能获得规定的测量精确度，但偏离了设计工况后，因流量计未带工况补偿，以致造成很大误差。

例如 2.10 节所举实例，就是因为锅炉进水温度比孔板计算书中的设计温度低 50℃，而流量计又未对流体温度的变化进行补偿，引起进水流量测量仪表显示值偏低 2%。

1.2.8 必须对仪表的使用环境有较全面的了解

环境条件包括环境温度，相对湿度，大气压力，设备、管道甚至环境的振动，阳光的直射等。

例如涡街流量计、旋进旋涡流量计抗振动能力都很差，在振动较大的场所，都会出现“无中生有”或示值偏高的情况。

有些仪表露天安装，由于安装品质不佳，雨水常常侵入仪表，使得仪表示值漂移甚至烧毁。

在冰冻季节，差压变送器、压力变送器等由于防冻措施不到位或不完善，造成表内凝结水结冰，以致成批仪表损坏的例子不胜枚举。

1.2.9 必须对被测对象的流体特性（物性）有充分的认识

这些特性有密度、沸点、黏度、凝固点、结晶温度、饱和蒸气压、电导率、压缩系数、气体中的氢含量、天然气中的 N₂ 及 CO₂ 含量、气体中是否带液、腐蚀性等。

例如 4.29 节所举的实例中，因为流体的饱和蒸气压高，以致在阀门关小、流体压力降低后，部分液氨气化，导致流量示值不降反升。

再如 3.5 节所举实例中，因为三阀组处的温度比工艺管道内流体温度低得多，以致流体凝结成液体，影响差压信号的不失真传递，导致流量零点漂移。

科氏力质量流量计常因保温不善，引起流体在测量管内结晶而无法测量。有的被测液体处于气液平衡状态，流过测量管时，由于压损较大，部分液体在测量管内蒸发，引起较大测量误差，甚至无法测量。有些流体因黏度高，在测量管内挂壁，也会引起很大误差。

1.2.10 必须对流体状态的变化有一定的认识

例如 2.22 节所举的实例中，饱和蒸汽在管道内输送 2km 后，因有很大一部分蒸汽变成凝结水，造成流体变为两相流，以致涡街流量计不能正常测量，指示时有时无。后来将凝结水排尽后，涡街流量计能稳定指示，但管损达 60%，也是因为蒸汽在输送管道中损失热量变成凝结水所致。

再如 2.9 节所举的实例中，就是因为饱和蒸汽经大幅度减压，从饱和状态转变成过热状态，而设计人员对状态的转换认识不清，最后引起多套流量计示值大幅度偏高。

某工厂因为液氨在氨蒸发器未完全蒸发，部分液氨流过流量计，导致流量示值偏低，也是属于流体状态与设计不符引起流量测量误差的例子。

仪表人员大多对流体状态的变化认识模糊，认为这是工艺专业的事，殊不知这种变化对流量测量也会带来很多问题。

1.2.11 必须对该测量点表计运行的历史状况有较全面的了解

流量测量系统产生较大的测量误差，有些是在突然之间发生的，而另一些却是日积月累在很长时间内逐渐生成的。

例如测量煤气流量的阿牛巴流量计、圆缺孔板流量计因管道内壁结垢，文丘里管流量计因喉部内壁结垢引起较大测量误差，就是长时间逐渐生成并趋于严重的。

再如 4.17 节所举的实例中，电磁流量计测量管内壁结淤泥引起流量示值偏高，也是数年内逐渐生成的。

椭圆齿轮流量计中，齿轮的磨损引起流量测量误差，误差增长的速率有一定的规律，掌握这些规律不仅可对当前的误差作出估算，还可对未来做出预测。

1.2.12 必须对之前所发生的事件有一定的了解

这些事件包括启动、仪表停用、雷击、跳电、操作条件大幅度波动、设备大检修、拆下检定后重新安装等。

飞机在空中平稳飞行时不容易出问题，但在起飞和降落时或遭遇恶劣天气时容易出问题。仪表的情况与飞机相似，也常因条件的突变引发问题。

仪表在夏季断电几个月，重新上电开表时，往往有一部分开不出，这是因为仪表通电运行时，其内部的发热元件放出热量，可以保持一些重要部位干燥，而停电较长时间后，这些重要部位易因受潮而损坏。

供电系统切换常常引发电压大幅度波动，甚至将 380V 馈入 220V 电网，引起保险丝熔断甚至烧坏仪表。

仪表拆下检修、校验、检定，重新安装后，容易漏装个别配件、接错线、漏开或漏关阀门，引起泄漏点渗漏等，这些都容易引发仪表故障。

1.2.13 必须对生产流程和关联设备的能力等有足够的了解

例如锅炉的额定蒸发量、供气温度、压力；精馏塔的设计处理能力、采出的产品种类、产量；压缩机的额定排气量及排气压力；泵的额定输送能力、扬程等。掌握了这些数据之后，再结合其他数据，就可计算与流量测量系统有关的数据。

1.2.14 必须对关联设备的原理、结构等有一定的了解

例如同样是用于输送液体的泵，有离心式泵、齿轮泵以及活塞式泵，由于工作原理和结构各不相同，其特性也大不相同。有的会引发流动脉动，引起流量计示值偏高，有的易产生流动噪声引起超声流量计、电磁流量计工作不正常。

1.3 系统诊断的步骤

1.3.1 先搜集该系统所使用的流量计基本参数资料

系统诊断有自身的规律，遵循这些规律，能收到事半功倍的效果，违背这些规律往往费时费力，劳而无功。工作的第一步是搜集资料。

1.3.2 对现场状况进行调查

尽可能直接或间接深入现场，观察仪表的表现、工艺流程设备以及操作方法，观察流量示值波动的规律以及与流量有关的变量变化等。

1.3.3 对所使用流量计本体是否正常做检查

检查仪表各组成部分的输入输出信号是否正常，仪表内部数据设置是否正确无误。充分利用智能化仪表的自诊断信息，发现蛛丝马迹。

应检查仪表的零点，例如差压流量计，关闭高低压阀中的一个，并打开平衡阀，检查从差压变送器到流量显示这一段零点是否正常。

如果有可能，短时间关闭总阀，检查流量计零点。

有的系统中，流量变送器给出信号所代表的计量单位与二次表中用户要求显示的流量单位不一致，就要进行换算。例如 E+H 公司模拟输出涡街流量计，其满度输出 20mA 所代表的流量用体积流量表示，而用来测量蒸汽流量时，流量单位却要用质量流量表示，这时就要用下式进行换算：

$$q_{m\max} = q_{v\max} \rho$$

$$\rho = f(p_d, t_d)$$

式中 $q_{m\max}$ ——质量流量满度值，kg/h；

$q_{v\max}$ ——体积流量满度值，m³/h；

ρ ——流体密度，kg/m³；

p_d ——蒸汽常用压力，MPa；

t_d ——蒸汽常用温度，℃。

有时候调试人员对变量之间的关系认识不清，修改了 p_d 或 t_d 设定值，未对 $q_{m\max}$ 值作相应的修改，造成很大的误差。

1.3.4 细心倾听提问者或当事人关于问题发生发展过程的陈述

因为提供诊断服务的人员不可能对被诊断的系统包括它的历史都亲身经历，只能向亲身经历者作调查。调查问题的发生、发展的全过程，并做好记录，以备分析判断时使用。

提问者或当事人所陈述的内容如果有疑点，可以与他们讨论，以弄清事实。

1.3.5 了解问题产生前设备操作等各方面有何变故

例如 2.21 节所举实例中，蒸汽带水使得涡街流量计示值渐低，是在全厂停车设备大修之后，因阀门内泄漏入很多水引发的。

又如 5.1 节所举实例中，减压阀损坏引发振荡，导致涡街流量计示值陡增几十倍，也是由于短时停车，工况异常引起的。

再如 5.4 节所举的实例中，在搅拌器停止转动后发现流量示值变得稳定，才搞清楚因果关系，最后使问题得到解决的。

1.3.6 分段检查

分段检查的方法是查找故障最常用的方法。对于比较复杂、比较隐蔽的故障，都需使用这种方法。

例如发现流量计“无中生有”，就可先切断流量变送器（或传感器）送入二次表的信号，检查“无中生有”的信号是在哪一段生成的。有时流量二次表被置于仿真状态，使得二次表

没有输入信号也有流量显示。然后再检查变送器、传感器的零点是否正常。

又如 3.16 节所举的实例中，流量示值偏低，可先检查差压变送器是否准确，如果处理后问题仍未得到解决，然后再检查传感器。

1.3.7 将搜集到的资料与需要解决的问题相关联

搜集资料和对系统的表现进行观察，目的是为了分析问题、解决问题，所以在调查研究进行到一定阶段，就可将收集到的信息和观察到的现场情况与需要解决的问题相联系。

例如 2.4 节所举的实例中，提问者说将差压变送器零点迁移 $600\text{mmH}_2\text{O}$ （相当于 5.88kPa ），流量显示值就正常了，这个信息与该台流量计的管径和径距取压的安装方法相联系，因为这两点使得正端取压口与冷凝罐之间有 600mm 的高度差。最后诊断结果是因这段应充满蒸汽的高度差为 600mm 的垂直走向的导压管内被凝结水占据，导致差压信号产生 $600\text{mmH}_2\text{O}$ 的传递失真。

又如 5.10 节所举的实例中，瞬时流量趋势曲线有时出现向下的缺口，这一现象与流体（液体）中含有气泡相关联，而液体中含有气泡与容积式流量计示值偏高相关联。

再如 3.15 节所举的实例中，在正常情况下管道外表面是不会结霜的，但操作人员观察到管道外表面结霜，将这一情况与气态氨带液相关联，气体带液后平均密度增大，又与流量示值偏低相关联。

关联分析其实就是因果分析，在本书所列举的一百多个实例中都包含因果分析，只是有的较明显，有的较隐蔽而已。

1.3.8 联想的范围不要局限于仪表本体

对系统存在的问题进行诊断是一项技巧性极强的工作，是对仪表工程师的综合考试。如果就事论事分析问题，只对仪表本体有一些了解，其他就全然不知，很难找出问题所在。

对于系统诊断中的难题，传统的做法是，如果仪表用不好就拆除，这造成很多损失，除了一套仪表本身的投资外，工艺上需要的数据得不到，造成的损失更大。所以仪表工程师有责任认真学习，深入实际，潜心研究，勇于探索，不辞辛劳，切实担当起这一本职工作。

1.4 流量测量名词术语及定义

1.4.1 一般术语

本书所使用的术语和相应的符号符合 JJF 1004—2004《流量计量名词术语及定义》，其中部分术语和相应符号的意义如下。

(1) 流量 (flow rate)

流体流过一定截面的量称为流量。流量是瞬时流量和累积流量的统称。在一段时间内流体流过一定截面的量称为累积流量，也称总量。当时间很短时，流体流过一定截面的量称为瞬时流量，在不会产生误解的情况下，瞬时流量也可简称流量。流量用体积表示时称为体积流量，用质量表示时称为质量流量。

(2) 管流 (pipe flow, duct flow)

流体充满管道的流动。

(3) 明渠流 (open channel flow)

液体在明渠中具有自由液面的流动。

(4) 流量计 (flowmeter)

测量流量的器具。通常由一次装置和二次装置组成。

注：准确度高、稳定性好，可作为其他流量计对比标准使用的流量计，称为标准流量计。

(5) 流量计误差特性曲线 (error performance curve of flowmeter)

表示流量计流量与误差关系的曲线，是被测量和影响测量误差的其他量的函数。

(6) 测量管 (meter tube)

在各方面都符合标准中的技术要求，而且其中装有流量测量装置的经过特殊加工的一段管道。

(7) 一次装置 (primary device)

产生流量信号的装置。根据所采用的原理，一次装置可在管道内部或外部。

注：就电磁流量计而言，一次装置包括测量管、测量流体所产生信号的一对或多对径向对置的电极及在测量管中产生磁场的一个电磁体。对差压式流量计而言，一次装置包括测量管、节流装置及取压孔。对超声波流量计而言，一次装置包括测量管和超声波换能器。

(8) 二次装置 (secondary device)

接受来自一次装置的信号，并显示、记录、转换和（或）传送该信号以得到流量值的装置。

(9) 一次装置的校准系数 (calibration factor of the primary device)

在规定参比条件下流量与一次装置所发出的相应信号值之商。

(10) 最大流量 (maximum flow-rate)

满足计量性能要求的最大流量。

(11) 最小流量 (minimum flow-rate)

满足计量性能要求的最小流量。

(12) 流量范围 (flow-rate range)

由最大流量和最小流量所限定的范围，在该范围内满足计量性能的要求。

(13) 分界流量 (transitional flow-rate)

在最大流量和最小流量之间的流量值，它将流量范围分割成两个区，即“高区”和“低区”。

(14) 公称流量 (nominal flow-rate)

在公称流量下，流量计应在连续运行和间断运行时满足计量性能的要求。

注：对水表，公称流量称为常用流量。

(15) 满刻度流量 (full scale flow-rate)

对应于最大输出信号的流量。

(16) 压力损失 (pressure loss)

由于管道中存在一次装置而产生的不可恢复的压力降。

(17) 直管段 (straight length)

安装在流量计上游和下游的用于使流场达到某种要求的管段。其轴线是笔直的，而且内部横截面的面积和形状不变。横截面形状通常为圆形或矩形，也可为环形或任何其他有规则的形状。

(18) 管壁取压孔 [wall (pressure) tapping]

管壁上的圆形孔，其边缘与管道内表面平齐。取压孔用于测量管道内流体的静压。

(19) 排泄孔 (drain holes)

用于排出管道中不希望有的固体颗粒或密度比被测流体大的流体的孔。