

ICS ***

CCS ***

团 体 标 准

T/JSE XX-20XX

天然气超声流量计远程诊断系统 技术规范

Technical specification for remote diagnosis of natural gas ultrasonic
flowmeter measurement system

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

江苏省能源行业协会 发布

目 次

前 言 1

1 范围 2

2 规范性引用文件..... 2

3 术语和定义..... 2

4 原理与架构..... 3

5 计量系统..... 3

6 数据采集与监控系统..... 5

7 远程诊断系统功能要求..... 6

8 诊断及分析处理..... 7

9 运行维护..... 8

附录 A（资料性） 自诊断信息分析..... 9

附录 B（资料性） 超声波流量计常见问题分析 10

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省能源行业协会提出。

本文件由江苏省能源行业协会归口。

本文件起草单位：中石化江苏石油工程设计有限公司

江苏省天然气有限公司

中国石化天然气榆济管道分公司

山东中世天然气有限公司

苏州量熙智能仪表有限公司

西克麦哈克（北京）仪器有限公司

霍尼韦尔（天津）有限公司

上海中核维思仪器仪表股份有限公司

本文件主要起草人：杜培恩，张炯，毕庶强，范振业，徐正峰，柯良坚，唐金勇，孙丽敏，李昌锋，陈志堂，胡立舜，田元元，刘昕、潘相志，陈士刚，曾庆煌，胡冲，张丹。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至江苏省能源行业协会（南京市建邺区庐山路246号金融城3号楼9层）。

1 范围

本文件规定了天然气超声流量计远程诊断系统的基本原理、系统架构、数据采集、系统功能、诊断与分析处理和运行维护的要求。

本文件适用于天然气超声流量计远程诊断系统的设计、建设和运行维护管理。

本文件不涉及与其应用有关的所有安全问题,用于天然气计量的温度变送器、压力变送器、流量计等计量器具均应符合相应的防爆等安全要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 13609 天然气取样导则

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 18603 天然气计量系统技术要求

GB/T 18604 用气体超声流量计测量天然气流量

GB/T 30500 气体超声流量计使用中检验 声速检验法

JJG 1030-2007 超声流量计检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 计量系统 measuring systems

用于实现天然气交接计量的系统。

[来源: GB/T 18603-2023, 3.2]

3.2 声道 acoustic path

在一对发射和接收超声换能器间的超声信号传播的实际路径。

[来源: GB/T 18604-2023, 3.5]

3.3 声速偏差 speed of sound deviation

流量计测量得到的平均声速与理论计算声速之间的最大相对偏差。

[来源: GB/T 18604-2023, 3.15]

3.4 信噪比 signal to noise ratio

接收到的信号和背景噪音的能量比值。

3.5 信号增益 signal gain

要达到所需振幅强度,需要对接收信号增强的程度。

3.6 信号接收率 signal acceptance rate

有效信号数在总信号数中所占的比例。

4 原理与架构

4.1 工作原理

4.1.1 天然气超声流量计远程诊断系统采用声速核查法。

4.1.2 远程诊断系统从计量系统采集数据作为采集值，与根据流量计说明书设定的参考值进行比较；或者利用流量计的运行数据建立设备的健康模型，并形成参考集，将采集值与参考集进行实时的比较，以此判定超声流量计运行状态是否正常。

4.2 系统架构

4.2.1 天然气超声流量计远程诊断系统应由计量系统和数据采集与监控系统组成。系统结构示意见图 1。计量系统包括超声流量计、流量计算机、压力变送器、温度变送器及在线气相色谱仪等。数据采集与监控系统包括数据采集系统、数据库系统及监控系统。

4.2.2 数据采集系统、数据库系统和监控系统可设置在站场或控制中心，计量仪表与数据采集系统、数据库系统和监控系统通过通信网络连接，实现相互之间的通信和数据传输。

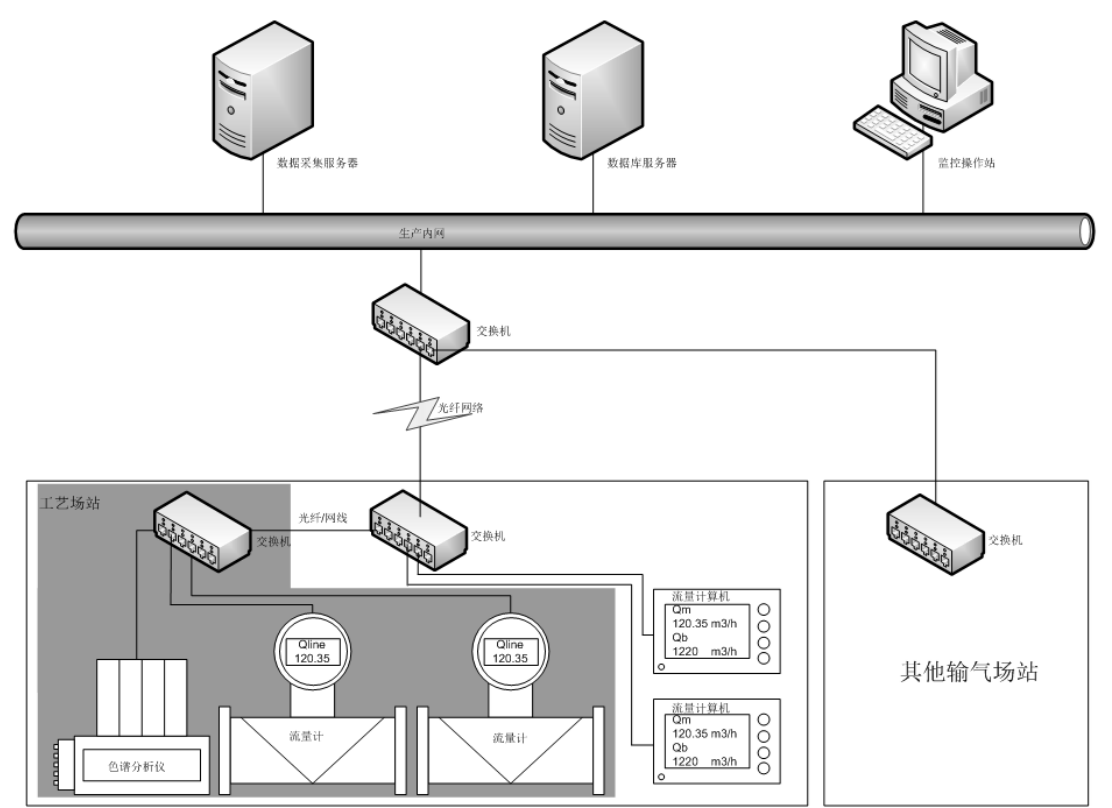


图 1 天然气超声流量计远程诊断系统结构示意图

5 计量系统

5.1 超声流量计

5.1.1 超声流量计应符合 GB/T 18604 的要求。

5.1.2 超声流量计的准确度等级应符合 JJG 1030-2007 中第 5.1 的要求。

5.1.3 超声流量计的重复性应符合 JJG 1030-2007 中第 5.2 的要求，不得超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 1/5。

5.1.4 超声流量计的测量声速应符合 GB/T 30500 中第 5.6 的要求，具体要求见表 1。

表 1 流量计测量声速技术要求

声速偏差允许范围	$\pm 0.2\%$
声道最大声速差允许范围	$\pm 0.5\text{m/s}$
测量重复性优于	0.05%

5.1.5 超声流量计应有有效的检定证书。

5.1.6 超声流量计应符合 JJG 1030-2007 中附录 D 的安装要求。

5.2 流量计算机

5.2.1 流量计算机应具有数据存储功能。

5.2.2 流量计算机应具有流量累积功能，实现流量日、月和年累积。

5.2.3 流量计算机应具有历史数据查询功能。

5.2.4 流量计算机应具有计算功能，并在说明书中给出计算所使用的标准及标准参比条件的设置等。

5.2.5 流量计算机应具有标准的通信接口，采用标准 Modbus 通信协议。

5.3 压力变送器

5.3.1 压力变送器应采用绝对压力变送器作为计量系统的压力补偿用仪表。

5.3.2 压力变送器应符合 GB/T 18603 的要求，最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，具备有效的检定证书。

5.3.3 压力变送器安装应符合 JJG 1030-2007 中 7.1.1.5 的要求。

5.4 温度变送器

5.4.1 温度变送器的 Pt100 热电阻应为 4 线制。

5.4.2 温度变送器应符合 GB/T 18603 的要求，最大允许误差为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，具备有效的校准证书。

5.4.3 温度变送器安装应符合 JJG 1030-2007 中 7.1.1.4 的要求。

5.5 在线气相色谱仪

5.5.1 在线气相色谱仪应符合 GB/T 13609 和 GB/T 13610 的要求，具备有效的检定或校准证书。

- 5.5.2 在线气相色谱仪应能根据其测量数据自动生成报告及色谱图，并向诊断系统进行传输。
- 5.5.3 在线气相色谱仪应具备自诊断功能。
- 5.5.4 在线气相色谱仪应具备故障报警输出功能。
- 5.5.5 在线气相色谱仪应具备历史数据存储功能。

6 数据采集与监控系统

6.1 数据采集系统

6.1.1 数据采集系统应设置数据采集服务器，数据采集服务器应能通过到现场设备的数据采集网络访问现场设备，完成计量数据的实时远程采集功能。数据采集系统、数据库系统及监控系统可共用同一台服务器。

6.1.2 数据采集系统应能进行计量系统的实时诊断、分析和计算功能，并完整记录设备的相关信息。

6.1.3 数据采集的主要内容应包括：

- a) 在用天然气组分的摩尔百分比；
- b) 介质气体压力；
- c) 介质气体温度；
- d) 流量计算机自诊断报警状态；
- e) 超声流量计数据：
 - 1) 各声道声速；
 - 2) 各声道信噪比；
 - 3) 各声道信号接收率；
 - 4) 各声道增益值；
 - 5) 平均声速；
 - 6) 各声道流速；
 - 7) 各声道流速比；
 - 8) 平均流速；
 - 9) 流量计系数（可选）。

6.2 数据库系统

6.2.1 服务器性能应与数据库系统相匹配。

6.2.2 实时数据、历史数据、操作信息和报警信息应分设备存储于数据库的数据表中。数据表应能以站为组，模块化地存储于数据库服务器中，连续两次存储时间间隔不宜高于 3s。

6.2.3 数据库服务器应能对数据表中的不同数据进行分析 and 运算，并将结果发送至人机界面供操作员监控。

6.3 监控系统

6.3.1 监控系统应直接与数据库通信，读取现场设备信息进行处理和计算，并对异常情况进行报警。

6.3.2 通过监控系统，操作员/工程师可实现对远程计量设备的维护、核查和专业管理等各类操作。

6.3.3 监控系统服务器应支持 Web 访问功能，支持有权限人员的网页访问。

7 远程诊断系统功能要求

7.1 远程诊断系统宜包括以下功能模块：

- a) 超声流量计在线诊断模块；
- b) 流量计算机在线诊断模块；
- c) 温度变送器在线诊断模块；
- d) 压力变送器在线诊断模块；
- e) 在线气相色谱分析仪在线诊断模块；
- f) 声速核查模块；
- g) 流量核查模块；
- h) 回路核查模块；
- i) 趋势分析模块；
- j) 报表管理模块；
- k) 报警管理模块；
- l) 数据库管理模块；
- m) 计量设备管理模块；
- n) 操作日志模块。

7.2 远程诊断系统应具有良好的数据兼容性，能兼容不同品牌的超声流量计。

7.3 远程诊断系统的硬件、软件和网络架构应具有开放性和可扩展性。

7.4 远程诊断系统应具备将检定周期内所有诊断数据进行汇总，建立流量计各信息数据的历史档案，绘制流量计信息趋势图的功能，宜包括：

- a) 增益趋势图；
- b) 信号质量趋势图；
- c) 信噪比趋势图；
- d) 声速比趋势图；
- e) 流速比趋势图。

7.5 远程诊断系统应提供趋势分析工具，能发现与历史趋势背离的异常数据，判读流量计是否发生故障或计量性能发生变化。

8 诊断及分析处理

8.1 诊断内容

天然气超声流量计远程诊断系统诊断内容见表 2。

表 2 远程诊断系统诊断内容

序号	诊断项目	诊断内容
1	信号增益值	参考超声流量计说明书允许的范围或模型参考集的值等设置最大允许增益值，增益值大于最大允许增益时系统应报警。
2	声道最大声速差允许范围	参考超声流量计说明书允许的范围或模型参考集的值等设置信号接收率的最低限值，信号接收率小于最低限值时系统应报警。
3	信噪比	参考超声流量计说明书允许的范围或模型参考集的值等设置信噪比的最低限值，信噪比小于最低限值时系统应报警。
4	湍流	湍流应在超声流量计说明书或模型参考集的值等允许的范围内，超限时系统应报警。
5	各声道声速与平均声速的偏差	各声道声速与平均声速的偏差应在超声流量计说明书、标准推荐值或模型参考集的值等允许的范围内，超限时系统应报警。
6	实际测量声速与计算声速的偏差	声速偏差/声道最大声速差/测量重复性应符合 5.1.4 的要求，超限时系统应报警。
7	各声道流速比	各声道流速比应在超声流量计说明书或模型参考集的值等允许的范围内，超限时系统应报警。
8	流量	对流量计算机的工况流量/标况流量/质量流量/能量流量进行核查，超限时系统应报警。
9	在线气相色谱仪	采集在线气相色谱仪运行状态，采集在线气相色谱仪组成分析数据并实时显示。各组分未归一化总和应在 99-101 之间，超出该范围，系统应报警。
10	剖面系数	剖面系数与声道数量和分布方式有关，具体由超声流量计制造厂给出。剖面系数应在超声流量计说明书允许的范围内或模型参考集的值内，超限时系统应报警。
11	旋涡角	旋涡角和剖面系数、流场状态等有关，具体由超声流量计制造厂给出。旋涡角应在超声流量计说明书允许的范围内或模型参考集的值内，超限时系统应报警。
12	对称性系数	对称性系数与声道数量和分布方式有关，具体由超声流量计制造厂给出。对称性系数应在超声流量计说明书允许的范围内或模型参考集的值内，超限时系统应报警。
13	横向流系数	横向流系数与声道数量和分布方式有关，具体由超声流量计制造厂给出。横向流系数应在超声流量计说明书允许的范围内或模型参考集的值内，超限时系统应报警。

8.2 诊断结果分析

8.2.1 诊断信息的分析参见附录A。

8.2.2 超声波流量计常见问题的分析参见附录B。

8.3 诊断结果处理

8.3.1 系统诊断完成后应出具诊断报告。报告应给出 8.2 要求的诊断结果。

8.3.2 对于未到法定检定期限的计量设备，远程诊断系统可以通过诊断报告判定其是否需要提前进行检定。

8.3.3 任意一项诊断结果不符合超声流量计说明书及技术指标要求时，应对超声流量计及相关设备进行检查，排除故障直至符合要求方可使用。

9 运行维护

应定期对远程诊断系统进行性能评价，对远程诊断系统适用性、功能执行情况以及运行情况进行评估，针对综合评价结果及时做出改进。

附录 A（资料性）自诊断信息分析

表 A.1 是有关自诊断信息分析方法的示例。

表 A.1 自诊断信息分析示例表

	接收信号质量	增益值	信噪比	声速	流速
换能器故障	×	×	—	×	×
信号检测问题	×	×	×	×	×
噪声	×	×	×	—	—
压力测量故障	—	×	×	×	—
温度测量故障	—	—	—	×	—
脏污	×	×	—	×	×
流速剖面的变化	—	—	—	—	×
流速过高	×	×	×	—	—
注：“×”表示存在的问题。					

例：信噪比超限原因可能为信号检测问题、噪声、压力测量故障或流速过高。

附录 B（资料性） 超声波流量计常见问题分析

1) 当气体的压力变化或换能器及其反射管壁表面出现脏污时，流量计会自动调整每个换能器发射超声脉冲的增益水平，以保证一定的信号强度。当流量计增益值超出厂家规定要求时，应检查管道压力。如果压力在流量计正常工作范围内，可能是脏污或者换能器老化等问题，需要对流量计进行清洗或更换换能器。

2) 正常工作的流量计接收信号的百分比应高于说明书规定的正常值。如果流量计某个声道接收信号的百分比明显变小，则可能是因为流速较快或其他影响换能器的工作因素，或换能器有故障。

3) 正常工作的流量计信噪比应高于说明书规定的正常值，各声道信噪比差异不大，声道长度长的声道的信噪比略低。如果某个声道的信噪比远小于说明书规定的正常范围，则表面噪声对信号的影响过大，可能产生的问题有：

a) 探测不到超声波信号，计量终止；

b) 探测到错误的超声波信号，导致传输时间测量错误，从而导致计量错误。

此时，需要将噪声的来源隔离或消除。

4) 当诊断系统采集到的各声速诊断值超出本技术规范 5.1.4 所规定的范围时，可能导致的原因有：

a) 声道最大声速差 $>0.5\text{m/s}$ ：通过流量计的气质流速长时间过低或者处于静止状态时，管道内轻组分会上升聚集于流量计上部、重组分会下沉聚集于流量计底部，导致部分直射式声道布置的超声流量计产生各声道递进的情况。如能排除长时间低流速或静止状态而声道最大声速差仍然超差，则考虑部分声道硬件（传感器或相对应的激励/测量控制电路板）或参数配置故障。

b) 在声道最大声速差参数正常的情况下声速偏差 $>\pm 0.2\%$ ：气体组分测量或设置与通过超声流量计的实际气体组分偏差过大、温度或压力测量或设置问题。