

市政管网流量精准监测系统方案

1、现场勘查及设计目标

1.1 设计目标

采用全自动的流量实时在线监测方式，实现对管道断面流量、流速、水位的实时在线监测，并且将流量计算的水位信息等数据通过无线传输方式传送到监控中心。

1.2 现场勘查



现场为一根直径 600~800mm 的水泥管，且存在满管和非满管两种工况。非满管工况下，传统上使用的超声波管道流量计或者电磁流量计均无法正常工作，故只能选择坐底式多普勒流速仪。但是多普勒流速仪因为设备本身壳体直径原因，存在一定的盲区，为了实现全量程测量，我们可以加一个雷达流速仪作为低水位工况下的辅助测量。

2、系统设计

整套系统包括现场端实时数据监控设施、服务器和远程监控终端三大部分。现场端实时数据监控设施主要包括多点多普勒流速仪、雷达流速仪和 DTU，以及测井、支架、机箱、太阳能供电等辅助功能设施。服务器包含服务器硬件、操作系统和应用软件，远程监控终端为用户所使用的电脑等显示终端。现场可实时获取流速、水位、流量数据，通过 DTU 远程发送至服务器，经应用系统系统处理后最终在远程监控终端供用户直接使用。



图 1 系统运行图

3、现场端部署

3.1 安装口

安装口的关键在于以下两点：

(1) 位置选择。安装口的位置应遵循“上十下五”原则。即在上游十倍、下游五倍于管道直径、或渠道宽度长度内，水道应平直，不允许有桥梁、坝、弯道、明显坡度等严重影响流场分布的结构。

(2) 优化流场。需对管道进行一定程度改造，以优化流场，使流场分布尽可能趋向规则，提高测量精度。对于存在淤积情况的管道，则应在进水口设置沉砂池进行拦截，防止探头被淤泥覆盖、严重影响测量质量。

(3) 便于维护。对于污水等水质复杂的工况，必须定期进行探头清理，因此测井应便于人员操作。

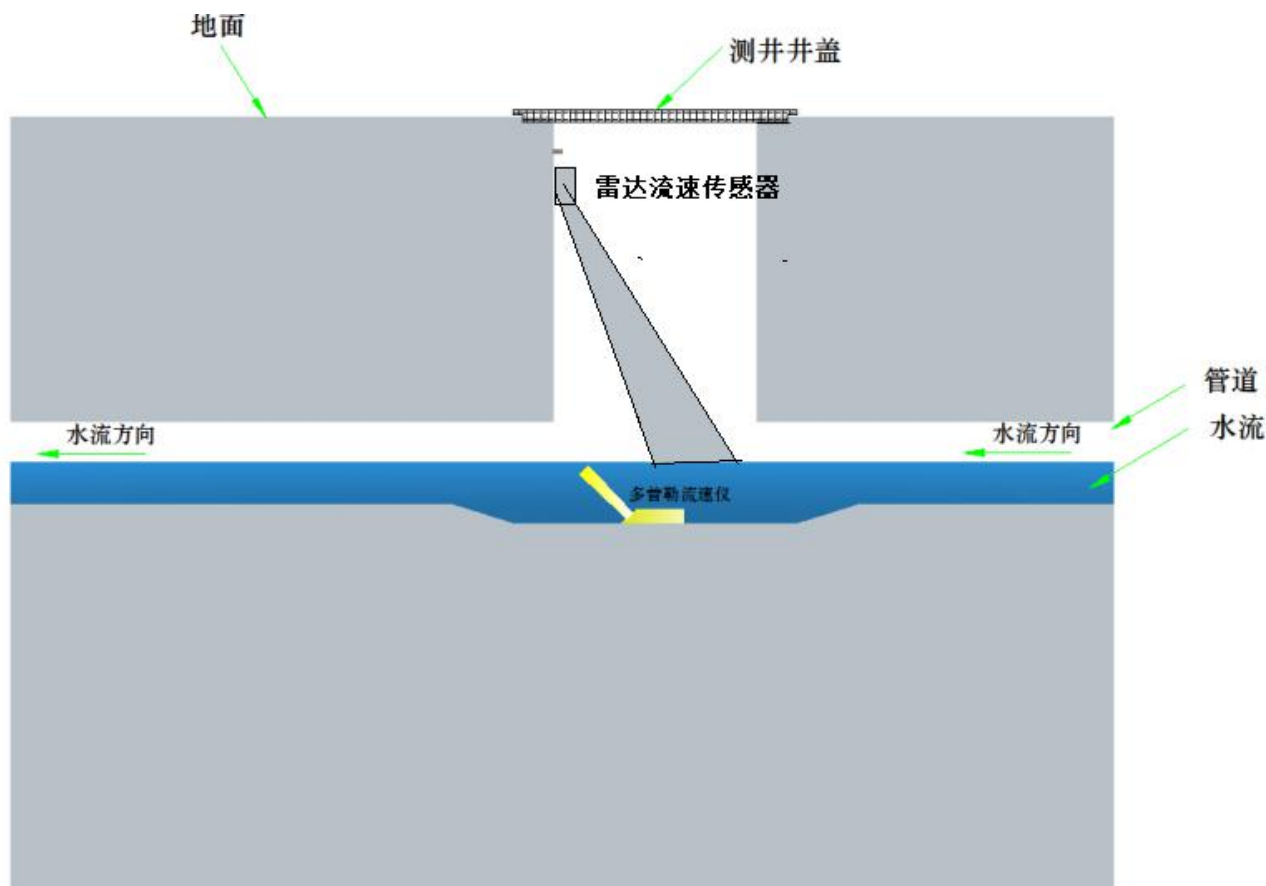


图 2 测井改造测试图

3.2 安装方式

3.1 撑杆式坐底安装(多普勒流速仪)

在管道合适位置修建一个安装口，换能器通过一根撑杆从管道顶部放入管道底部，探头朝水流方向安装，可以避免杂物遮挡；

3.2 伸入式坐底安装(多普勒流速仪)

在出水口位置通过一根支架将探头放入出水口前端 1.5~2 米左右的管道底部，探头朝水流方向安装，可以避免杂物遮挡；

3.3 L形摆臂安装（雷达流速仪）

在检修井上面井壁上固定一个L形横臂，将雷达流速仪固定在检修井正中间，安装高度根据现场工况来定。

4、测量原理及工作方式

本方案采用“管网式平面阵列型多点声学多普勒流速仪”+“雷达流速仪”为主要测量仪器。当液位高于0.1m时候，系统读取多普勒流速仪数据。当液位低于0.1m时，系统读取雷达流速仪数据，从而实现全量程无盲区高精度的流量监测。

4.1 多普勒流速仪测量原理

其中多普勒流速仪换能器可顺着水流方向安装，故流速测量点在机体上前方，不破坏流场，具有测量精度高，量程宽，可测弱流也可测强流，分辨率高，5秒出一组完整点流速，响应速度快；测量线性，流速测量曲线实时响应灵敏；无机械转动部件，不正对流水方向，不存在泥沙堵塞和水草等杂物缠绕；探头坚固耐用，不易损坏，操作简便等优点。

相比较目前主流的单点流速仪测量方式及雷达波测流方式，最大的不同在于单点只能固定的对一个点进行测量，而当水位发生变化时，其流场会响应发生变化，平均流速的位置也发生变化，而测点则保持不变，此时测点处的流速几乎不可能代表平均流速，流量统计的准确性也无法保证。

而多点多普勒的测量原理为：计算流量采用垂线流速时，用的是均匀流的谢才—曼宁公式，它测量有限个点流速，依据断面流速场流速分布图，绘制等流速线，及等速线的均值，乘以它们之间过水面积，得部分流量，全断面部分流量求和，得全断面流量，称为部分流速—面积测流法。但是，由于通过流速场绘制等流速线的方法不便测流作业，于是，是水文人的发明，在同一起点据位置沿水深测量有限个点流速，然后用面积包围法求出一条垂线的流速，最后根据部分流速—面积测流法原理，算出流量，称为垂线流速测流法，又习惯称为水文测流法，其测得的流量，被世界公认为“真值”。

实现多点即多目标流速同时测量，除必须高灵敏性声学传感器外，还必须采用带处理模型的高速带傅立叶变换的DSP转用芯片。多目标的处理示意图如下：

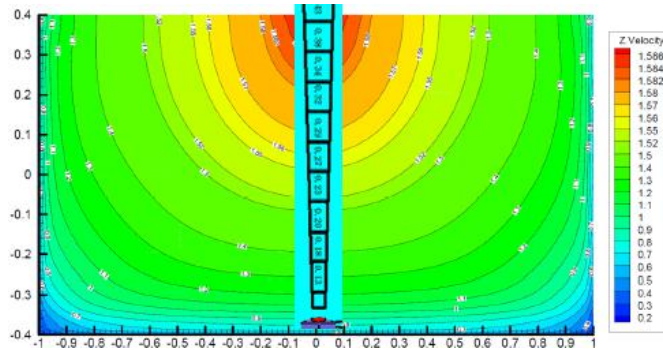


图 4 垂线测量方式

在多普勒测量垂线上，每一个点代表实测该位置准确流速值，可根据管道直径或水位选择 80 个或 40 个测点两种方式。下图以 80 个测点为例，显示 55 个点流速数据：

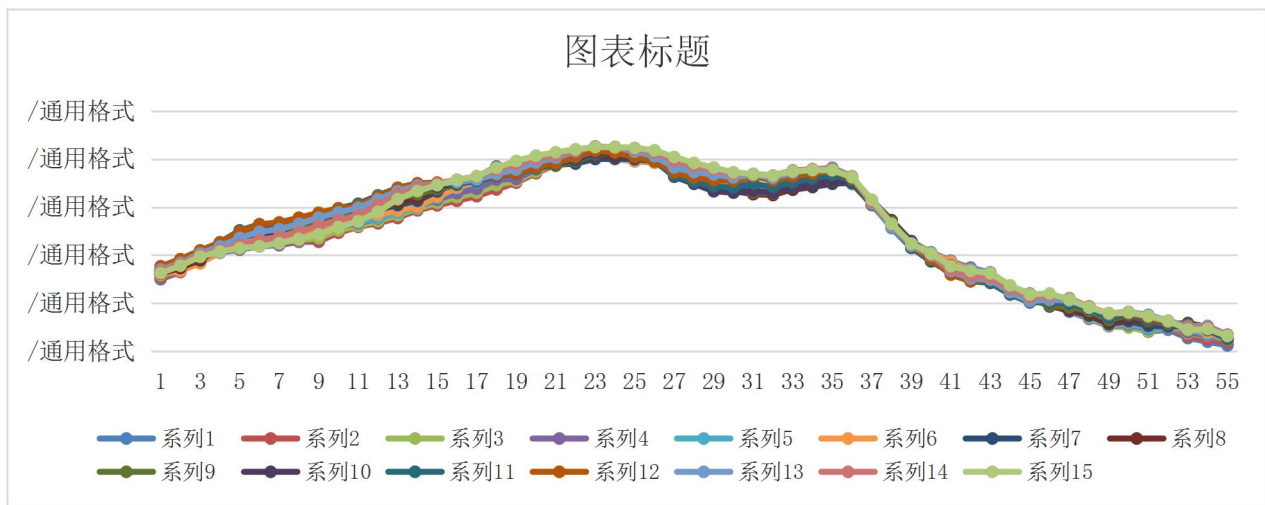


图 5 准确测量管道流场分布

4.2 雷达流速仪测量原理

雷达流速仪流速测量基于多普勒效应，探头斜向下发出一束雷达波，雷达波在照射到水体表面反射，由于多普勒效应，发出去和雷达波和接收到的雷达波会产生多普勒频移 Δf ，多普勒频移 Δf 正比于流速。通过测量多普勒频移 Δf 即可测量出流体的流速。

(1) 为得到较高的精度，雷达流速/流量仪应当安装于水面平缓稳定、没有回流和漩涡、处于测量范围内的水面无障碍物等环境下。存在上述排水口、垂直跌水、挡流板、河道弯曲或结合处等情况都将影响到测量精度，应避免在这种环境下安装。

(2) 尽量满足是测量点上游管道平直段是测量管道宽度的 5—10 倍，测量点下游管道平直段是测量断面段管道的 1—2 倍。

(3) 需要在管道上开孔改建测井安装雷达流速仪，如图所示：

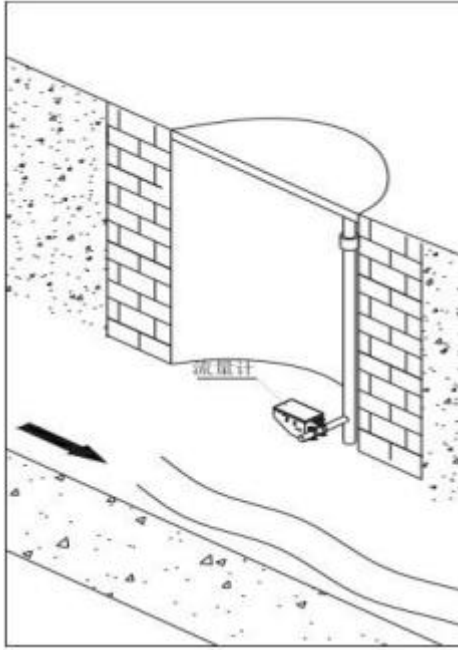


图 6 管道测井内安装示意图

五、现场安装案例



图 6 实例 (1)



图 7 实例 (2)



雷达流速示意

六、设备清单

序号	名称	设备型号/厂家	数量	单价	备注
1	管网式多普勒流速仪		1		量程 2.4m
2	雷达流速仪		1		
3	流速流量积算仪		1		带蓝牙接口及手机 APP
4	免维护蓄电池	12V 备用供电	1		选配
5	DTU		1		选配
6	压力（气泡）水位计/超声波水位计	根据现场工况采购	1		
7	一体化支架	定制	1		选配
8	一体化机箱	定制	1		选配
9	安装及比测调试	定制	1		
10	辅材	含接插件、传感器固定件、杆件支架螺丝、线缆铺设固定器件等。	1		选配

七：技术说明

管网式多普勒 ADCP 流速仪

- ∅ 工作原理：声学多普勒测量原理；
 - ∅ 测量波束数量：单波束；
 - *∅ 安装方式：座底式安装；即可面向水流方向安装也可以背向水流方向安装；
 - ∅ 工作频率： ≥ 2.0 MHz；
 - *∅ 测量时间间隔：5 秒可输出一组全量程点流速数据
 - *∅ 声波单元尺寸及单元数量：单元尺寸 ≤ 0.03 m；最大单元数量 80 个；
 - ∅ 盲区：0.03 m；
 - ∅ 声波测量范围：2m；
 - ∅ 流速精度： $0.5\% \pm 2.0$ mm/s；
 - ∅ 流速范围： ± 6 m/s(最大流速 ± 20 m/s)；
 - *∅ 波束开角： $\leq 1.4^\circ$ ；
 - ∅ 换能器夹角：垂直方向 45° 夹角；
 - ∅ 壳体材料：阳极氧化铝和高强度工程材料；
 - ∅ 通讯方式及保护：RS232 和 RS483，光电隔离通讯距离最大 300 米；
 - ∅ 三维姿态仪器精度：正北 $\pm 2\%$ 前倾、侧倾 $\pm 0.5^\circ$ ；
 - ∅ 功耗：采样功耗 ≤ 1.2 w，休眠功耗 ≤ 0.1 mw；
 - ∅ 工作模式：双模自动切换，低水位或者传感器被淤泥掩埋，自动切换非接触是雷达模式，确保测量不留死角
- *∅ 配套参数调试软件：具有 PC 端和手机端（蓝牙通讯）两种版本；软件界面可显示流速、断面水位、流向、声波测量范围截取、流速-流量计算模型公式等所有可输出参数。并能实时采集设备的工作状态、流速曲线、信号强度、信号可靠性等数据。

2) 智能流量计技术参数要求

1. 实时输出声学多普勒传感器多点流速，信号强度，可信度信息。
2. 可输出实时流量、累计流量、平均流速、断面过水面积、水位、姿态、报警等数据；
3. 可设置标准矩形，梯形，圆形管道（含非满管）及自定义断面数据
4. 内置流量计算模型，可输入率定公式。
5. 实时输出 ADCP 传感器水下三维安装信息，按实测角度实时修正点流速数据。
6. 配备姿态传感器，并具有安装位置倾斜、异常自动报警功能，提示换能器位置偏移

7. 测量模式：自动定时测量模式和远程受控测量模式
- *8. 配套蓝牙通讯模块：可连接手机端参数调试 APP。