



排水防涝与物联网监测

城市排水防涝窨井液位物联网监测系统建设白皮书

排水防涝

窨井液位监测

雷达液位计

物联网

NB-IoT

内涝预警

摘要

本文围绕「点位怎么布、终端怎么选、数据怎么处理、告警怎么定、处置怎么闭环」五个问题，系统说明城市排水管网窰井液位物联网监测系统的建设方法，包括点位布设原则、雷达液位终端的低功耗与通信设计、数据清洗与高程统一、多级告警规则、处置闭环以及基于管网拓扑的运行分析。

核心要点

1. 点位代表性决定监测价值：优先布设易涝点上游可测井、干管汇合节点、汇水分区边界与排口前井
2. 窰井工况潮湿、有腐蚀性气体且水面多漂浮物，非接触雷达液位计更适合长期在线监测
3. 电池供电终端应采用自适应上报：平时低频、液位变化或越线时加密，续航按实测信号质量估算
4. 液位应换算为水面高程并与管顶、地面高程比较，才能在不同井之间比较并判断满管与冒溢风险
5. 告警规则需要组合多级阈值、上涨速率、持续时间去抖以及离线和低电告警，并按管段分别设置
6. 告警必须联动工单与处置流程，处置结果回填后用于修正阈值与点位，形成闭环

目录

一、背景与建设目标	1
二、闭环架构	1
三、点位布设	2
四、终端技术要点	2
五、数据处理	3
六、告警规则	4
七、处置闭环	4
八、基于管网拓扑的运行分析	5
九、平台与部署	5
十、实施路线	5
十一、与本公司产品的对应关系	5
常见问题	6
参考资料	6
关于我们	7

一、背景与建设目标

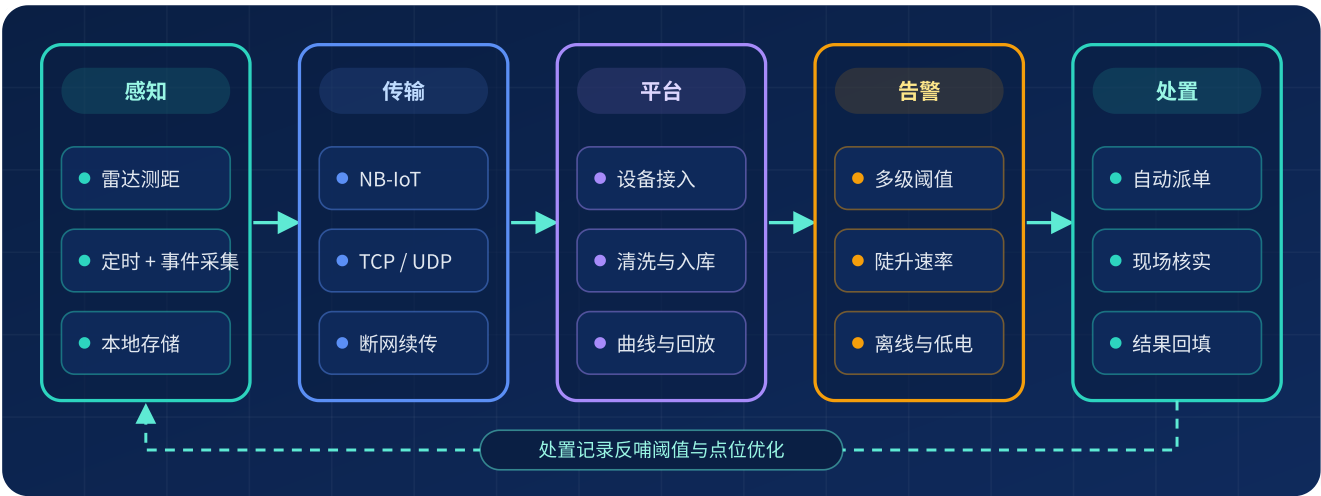
城市排水管网深埋地下，运行状态长期「看不见」：哪里满管、哪里倒灌、哪里先冒溢，往往要等到路面积水才知道。窖井液位监测通过在检查井内布设液位终端，把管网运行状态变成可实时观察的数据，是排水防涝、管网运行评估和养护考核的基础。

建设目标可以概括为四点：

- 1. **提前预警**：在路面积水之前，通过上游井位液位变化提前发现风险；
- 2. **精准定位**：告警直接定位到检查井和管段，结合管网拓扑判断原因；
- 3. **处置闭环**：告警自动派单，现场核实与处置结果回填；
- 4. **运行评估**：长期积累满管时长、超阈频次等数据，为管网改造和养护提供依据。

建议在项目开始时就明确考核口径，例如：数据完整率、告警到达时间、误报率、终端在线率与续航周期。具体目标值应结合点位条件、通信环境和运维能力确定。

二、闭环架构



窖井液位监测「感知 → 告警 → 处置」闭环

液位监测闭环：井下雷达液位终端按定时与事件触发策略采集并经 NB-IoT 上报，断网时本地存储、恢复后续传；平台完成设备接入、数据清洗与入库；规则引擎按多级阈值、陡升速率和离线等条件判定告警；告警自动生成工单推送到移动端，处置人员到场核实并回填结果，处置记录反过来用于优化阈值与点位。

整个系统由五个环节组成：**感知、传输、平台、告警、处置**。每一个环节都可能成为短板，例如终端很准但通信经常中断，或者告警很及时但没人接单。所以设计时要按闭环整体考虑，而不是只关注设备参数。

三、点位布设

3.1 布设原则

点位类型	布设理由	注意事项
易涝点上游最近可测井	比易涝点本身更早反映水位上涨，预警时间更充裕	确认该井确实位于汇水路径上
干管汇合节点	反映片区整体运行状态	避开进水管正对位置，减少水流冲击干扰
汇水分区边界	判断片区间的水量转移与顶托	结合管网拓扑选择
排口、泵站前池上游井	判断下游顶托与排放能力	关注河道水位的倒灌影响
下穿通道、低洼路段周边雨水井	直接关系交通安全	与道路管理部门的处置流程衔接

3.2 布设方法

- **先整体后局部**：先依据管网拓扑和历史积水点确定候选井位，再到现场勘察；
 - **现场勘察内容**：能否开井、井深与井径、井内爬梯与进出水管位置、淤积情况、通信信号实测；
 - **分批建设**：第一批覆盖历史易涝点与主干管关键节点，运行一个汛期后根据数据和处置情况补点或调整。
- 每个点位建议建立档案：井编号、坐标、地面高程、井底高程、管顶高程、关联管段、安装高度、通信方式与信号实测值。这些信息是后续液位换算和告警阈值设定的基础。

四、终端技术要点

4.1 测量方式

窖井环境潮湿，存在冷凝水和腐蚀性气体，水面常有泡沫和漂浮物。非接触雷达液位计受水汽和泡沫影响小、不接触污水、维护量低，适合作为常规窖井的主力测量方式。需要测量满管后的压力水头时，可在同一井位补充投入式压力传感器。各类液位计的详细对比可参见本站《窖井液位计怎么选》。

选型时要核对：

- **量程与盲区**：量程覆盖井深，安装位置距最高可能水位留出盲区余量；
- **波束角**：井径较小时选择波束角较窄的型号，避免井壁反射；
- **防护与防爆**：整体防护满足短时浸水要求，污水、合流制并按项目要求确认防爆认证。

4.2 安装

- 终端挂装在井口下方的支架上，波束垂直对准水面；
- 避开爬梯、进水管正下方和井壁凸起，否则容易测到假回波；
- 记录**安装高度**（终端测量基准面相对井底或某一已知高程的位置），这是测距换算液位的依据，必须实测而不是估计。

4.3 供电与功耗

绝大多数窨井没有市电，终端依靠电池供电。续航取决于「采样频率 × 上报频率 × 每次联网耗电」，其中**信号质量**对联网耗电影响最大。常用的低功耗策略：

1. **休眠为主**：终端大部分时间处于休眠状态，按计划唤醒采样；
2. **自适应采样与上报**：液位平稳时低频上报；液位变化超过设定幅度、进入降雨时段或越过阈值时自动加密；
3. **越线即报**：越过告警阈值时立即上报，不等待下一个上报周期；
4. **批量上报**：平稳时段将多次采样合并上报，减少联网次数。

续航应基于现场实测信号和实际上报策略估算，并在平台上监测电量变化趋势，提前安排更换。

4.4 通信

城区窨井常用 NB-IoT 或 LTE Cat.1：

- 金属井盖与井筒会显著衰减信号，**安装前必须实测**信号强度与质量指标；
- 弱信号井位可采用外置天线、调整安装位置或更换运营商；
- 终端须具备**本地存储与断点补传**：网络中断期间数据先存本地，恢复后按采集时间顺序补传，平台按设备与时间戳去重，保证曲线连续。

4.5 远程管理

采集间隔、事件触发条件、预警阈值等应在平台侧统一配置与管理，并随数据上报电量、信号强度与在线状态，做到不下井即可掌握终端运行情况。这能显著减少下井次数，降低运维成本和作业风险。

五、数据处理

5.1 接入

终端通常通过 MQTT 或 HTTP 接入平台。平台需要维护设备档案与设备状态（在线、电量、信号、最近上报时间），并以终端上报的**采集时间**而不是平台接收时间作为数据时间，以免补传数据造成曲线错位。

5.2 清洗

井下环境会产生少量异常读数，入库前建议做以下处理并保留原始值：

- **物理约束**：液位不应低于井底、不应高于地面（冒溢时单独标记）；
- **变化率约束**：单位时间变化超出物理可能范围的跳变点标记为可疑；
- **平滑**：对短时抖动采用中位数等稳健滤波，告警判断使用平滑后的数据；
- **回波质量**：终端提供回波强度等指标时，低质量读数降低权重或标记。

5.3 液位换算与高程统一

终端测得的是「终端到水面的距离」，需要两步换算：

1. **液位（水深）** = 安装高度 - 测距；

2. **水面高程** = 井底高程 + 液位。

统一换算成水面高程后，才能：

- 在不同检查井之间比较水位，判断水流方向与顶托；
- 与**管顶高程**比较判断是否满管；
- 与**地面高程**比较判断冒溢风险，计算距地面的安全余量。

这要求点位档案中的井底、管顶、地面高程采用同一高程基准。

六、告警规则

6.1 规则类型

规则	判定方式	解决的问题
多级阈值	水面高程超过关注、预警、告警三级阈值	区分风险等级与响应方式
上涨速率	单位时间水位上涨超过设定值	在越线之前提前发现快速上涨
持续时间去抖	连续多次或持续一段时间满足条件才触发	减少瞬时波动造成的误报
满管 / 冒溢	水面高程达到管顶或接近地面	直接反映排水能力饱和
设备类	离线、低电、信号差、读数异常	保证监测本身可靠
恢复确认	回落到阈值以下并持续一段时间	自动结束告警，记录持续时长

6.2 阈值怎么定

阈值不能全网一刀切，应按管段条件分别设置，常用依据：

- **管顶高程**：达到管顶即满管，可作为预警线参考；
- **地面高程**：距地面的安全余量作为告警线依据；
- **历史数据**：运行一段时间后，用历史液位分布修正阈值，减少日常高水位造成的误报；
- **处置能力**：阈值设置要给处置人员留出到场时间。

6.3 分级响应

告警等级要与响应方式一一对应，例如：关注级仅在平台标记；预警级推送值班人员关注；告警级自动派单并要求在规定时限内到场。具体等级划分与时限应和排水管理单位的应急预案保持一致。

七、处置闭环

1. **自动派单**：告警触发后按点位所属片区自动派给责任班组，附带位置、实时曲线和上下游信息；
2. **到场核实**：处置人员通过移动端导航到场，拍照记录现场情况；
3. **处置与回填**：记录处置措施（疏通、开泵、设置警示等）和结果；

4. 复盘优化：对误报、漏报和处置超时做标注，定期据此调整阈值、点位与班组安排。

闭环的关键在于**处置结果必须回到系统里**，否则平台只能告警，无法持续改进。

八、基于管网拓扑的运行分析

单点液位只能说明「这里水位高」，结合管网拓扑才能回答「为什么高」：

- **下游顶托：**下游井位同时高水位，说明问题在下游排放能力或河道水位；
- **局部堵塞：**上游高、下游正常，说明两者之间的管段可能淤堵，应安排检测与疏通；
- **片区转移：**相邻汇水分区边界井位变化可以判断水量在片区间的转移。

长期运行后可以统计各井位的**超阈次数、满管时长、恢复时间**，识别瓶颈管段，为管网改造、清淤计划和养护考核提供数据依据；接入雨量数据后，还可以分析不同降雨强度下各片区的响应特征。

九、平台与部署

- **一张图：**监测点、管网、易涝点与处置人员位置在同一张图上展示，告警自动定位；
- **三维联动：**有三维管网时，告警可直接定位到三维检查井并高亮上下游管段；
- **私有化部署：**平台可部署在排水管理单位内网，适配国产操作系统与数据库；
- **数据安全：**管网空间数据与监测数据按权限分级访问。

十、实施路线

阶段	工作内容	交付物
1. 需求与勘察	历史积水点梳理、管网拓扑分析、候选井位现场勘察与信号实测	点位方案、勘察记录
2. 试点建设	选取典型片区安装终端，完成平台接入与告警规则配置	试点运行报告
3. 规模部署	按片区分批安装，建立点位档案与设备台账	全部点位接入、设备台账
4. 汛期运行	告警处置闭环运行，记录误报与处置时效	汛期运行与处置报告
5. 优化迭代	根据数据调整阈值与点位，开展运行评估	阈值调整记录、运行评估报告

十一、与本公司产品的对应关系

环节	对应产品
井下雷达液位测量（0-5 m，±3 mm）、间歇式低功耗、NB-IoT 上报、断网续传、井盖异动与浸水检测、雨污混流数据清洗	窖井液位雷达监测终端
设备接入、液位曲线、多级告警、工单派发、巡检养护、统计分析	地下管网监测与管理系统

环节	对应产品
管网一张图、空间查询与专题分析	GIS 应用与「一张图」平台

终端固件、通信协议与平台对接可以按项目定制；已有监测平台的项目，也可以只接入终端数据。

常见问题

窨井液位监测点应该优先布设在哪里？

优先布设在易涝点上游最近的可测井、干管汇合节点、汇水分区边界以及排口或泵站前的上游井。这些位置更能代表一段管网的运行状态，也能为积水预警留出时间。

为什么要把液位换算成水面高程？

不同检查井的井深不同，只看液位（水深）无法比较。换算成统一基准下的水面高程后，才能在井与井之间比较、判断水流方向和顶托，并与管顶、地面高程比较判断满管和冒溢风险。

告警太多、误报多怎么办？

一是按管段分别设置阈值，并用历史数据修正；二是加入持续时间去抖，避免瞬时波动触发；三是对处置中确认的误报做标注，定期复盘调整阈值与点位。

电池供电的终端能用多久？

取决于采样与上报策略、现场信号质量和环境温度。信号差的井位每次联网耗电明显增加。应基于现场实测信号和实际策略估算，并在平台上跟踪电量变化，提前安排更换。

网络中断期间的数据会丢失吗？

具备本地存储与断点补传能力的终端会在断网期间先存储数据，恢复后按采集时间顺序补传，平台按设备与时间戳去重，曲线保持连续。

参考资料

1. GB 50014-2021 《室外排水设计标准》
2. GB 51222-2017 《城镇内涝防治技术规范》
3. CJJ 181-2012 《城镇排水管道检测与评估技术规程》
4. CJJ 61-2017 《城市地下管线探测技术规程》
5. 3GPP NB-IoT 与 LTE Cat.1 相关技术规范
6. OASIS MQTT Version 5.0

关于我们

东营昕睿信息科技有限公司专注城市地下管网、排水防涝与智慧园区领域的软件平台与物联网终端研发，提供窨井液位雷达监测终端、地下管网监测与管理系统、GIS 一张图与智慧园区综合管理平台，以及按项目需求的商业定制开发。

在线阅读本白皮书与更多技术资料：<https://www.xinruixinxi.com/whitepapers/drainage-iot-level-monitoring>

引用本文

东营昕睿信息科技有限公司. 城市排水防涝窨井液位物联网监测系统建设白皮书（1.0 版）[R]. 2026.
<https://www.xinruixinxi.com/whitepapers/drainage-iot-level-monitoring>

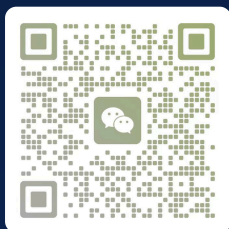
本白皮书内容仅供技术交流与方案参考，不构成任何承诺或保证；涉及的标准规范以其现行有效版本为准，具体方案以项目实际调研与合同约定为准。



东营昕睿信息科技有限公司

www.xinruixinxi.com

专注 GIS 开发、智慧园区、地下管网与窨井液位雷达等嵌入式开发，软硬件一体交付空间信息与物联网解决方案。



微信扫码咨询

在线阅读：www.xinruixinxi.com/whitepapers/drainage-iot-level-monitoring

更多白皮书：www.xinruixinxi.com/whitepapers

方案咨询与样机试点：www.xinruixinxi.com/contact