



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120181443 A

(43) 申请公布日 2025. 06. 20

(21) 申请号 202510212007.8

G06F 18/2415 (2023.01)

(22) 申请日 2025.02.25

G06Q 50/06 (2024.01)

(71) 申请人 河北燃气有限公司

地址 050051 河北省石家庄市桥西区自强路127B(省招大厦一楼)

(72) 发明人 曹欣 谭建鑫 陆阳 宋志勇

解帅 杨美红 沙冶金 张泽翔

李佳旭 许嘉怡

(74) 专利代理机构 上海智力专利商标事务所

(普通合伙) 31105

专利代理师 周涛

(51) Int. Cl.

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06Q 30/0202 (2023.01)

G06Q 30/0201 (2023.01)

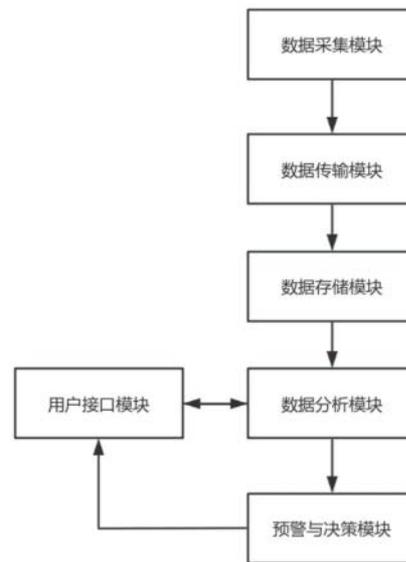
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

燃气数据收集分析系统

(57) 摘要

本发明提供了一种燃气数据收集分析系统,包括数据采集模块、数据传输模块、数据存储模块、数据分析模块以及报警与可视化模块。系统通过流量、压力、温度和气体浓度传感器实时采集燃气运行参数,利用校正算法提升数据准确性,基于无线通信技术将数据传输至云端或本地服务器存储,并采用分布式架构保证数据安全与高效存储。本发明的燃气数据收集分析系统利用时间序列预测模型和聚类算法实现燃气需求预测与异常检测,精确识别泄漏或异常运行情况,当检测到燃气泄漏、流量异常或设备故障时,自动触发报警并远程通知相关人员,同时提供数据可视化界面,支持实时监控与趋势分析。



1. 一种燃气数据收集分析系统,其特征在于,该系统包括有数据采集模块、数据传输模块、数据存储模块、数据分析模块、预警与决策模块和用户接口模块:

所述数据采集模块用于通过传感器实时采集燃气流量(Q_i)、压力(P_i)、温度(T_i)、燃气浓度(C_i),并根据以下公式对流量数据进行校正:

$$Q_i = K \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

其中: Q_i 为第*i*个燃气管道的校正流量; K 为校正系数,与燃气类型、管道直径等相关; P_i 为管道内的气体压力; V_i 为未经校正的瞬时流量; T_i 为燃气温度;

所述数据传输模块用于将采集的数据通过无线通信方式传输至数据存储模块,数据传输速率 R 满足以下公式:

$$R = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right)$$

其中: R 为数据传输速率; B 为信道带宽; P_{signal} 为信号功率(单位:瓦特); P_{noise} 为噪声功率(单位:瓦特);

所述数据存储模块用于存储采集的燃气数据,包含实时存储和历史归档;

所述数据分析模块用于预测燃气需求和检测燃气异常,其包括时间序列分析、聚类分析和分类分析,所述数据分析模块基于时间序列模型对燃气需求进行预测,其预测公式为:

$$\hat{Q}(t+1) = \alpha \cdot Q(t) + (1 - \alpha) \cdot \hat{Q}(t)$$

其中: $\hat{Q}(t+1)$ 为时刻 $t+1$ 的预测流量; $Q(t)$ 为时刻 t 的实测流量; $\hat{Q}(t)$ 为时刻 t 的上一时刻预测流量; α 为平滑系数,满足 $0 < \alpha < 1$,所述数据分析模块通过聚类算法对燃气异常进行检测,其目标函数为:

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k z_{ij} \cdot \|x_i - c_j\|^2$$

其中: J 为聚类目标函数值; n 为数据点数量; k 为聚类中心数量;

x_i 为数据点; c_j 为聚类中心; z_{ij} 表示数据点 x_i 是否属于中心 c_j , $z_{ij}=1$ 表示属于, $z_{ij}=0$ 表示不属于;

所述预警与决策模块基于数据分析模块的输出生成燃气异常预警信号 A_{leak} 和 A_{flow} 和资源优化调度方案 D_{supply} ;

所述用户接口模块用于通过可视化界面显示燃气运行状态、历史趋势和报警信息。

2. 根据权利要求1所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,所述校正系数 K 根据以下公式计算:

$$K = \frac{R_{\text{gas}}}{D \cdot \sqrt{\pi}}$$

其中: R_{gas} 为燃气摩尔气体常数; D 为管道直径。

3. 根据权利要求1所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,所述预警与决策模块基

于支持向量机(SVM)对燃气异常进行分类,其分类函数为:

$$f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \right)$$

其中: $f(x)$ 为分类结果; α_i 和 b 为支持向量机模型参数; y_i 为样本标签; $K(x, x_i)$ 为核函数,采用高斯核函数形式: $K(x, x_i) = \exp \left(-\frac{\|x-x_i\|^2}{2\sigma^2} \right)$ 。

4.根据权利要求3所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,所述预警与决策模块中燃气泄漏报警通过以下触发条件进行判定:

$$A_{\text{leak}} = \begin{cases} 1, & \text{若 } \Delta P > \gamma \text{ 且 } C > C_{\text{threshold}}; \\ 0, & \text{否则。} \end{cases}$$

其中: $\Delta P = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$ 为压差; γ 为安全压差阈值; C 为燃气浓度; $C_{\text{threshold}}$ 为安全浓度阈值。

5.根据权利要求4所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,燃气泄漏概率 P_{leak} 基于多源数据联合计算,公式为:

$$P_{\text{leak}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

其中: P_{leak} 为总泄漏概率; p_i 为第 i 数据源的检测概率。

6.根据权利要求1所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,所述用户接口模块通过以下公式计算燃气用量的趋势值并生成趋势图:

$$T_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Q_i(t)$$

其中: T_t 为时刻 t 的平均燃气用量; m 为用户数量; $Q_i(t)$ 为第 i 用户在时刻 t 的燃气流量。

7.根据权利要求1所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,所述预警与决策模块支持燃气资源调度优化,其目标函数为:

$$\text{Minimize } C = \sum_{i=1}^n (a \cdot Q_i + b \cdot P_i + c \cdot \Delta P_i^2)$$

其中: C 为燃气供应的总成本; a 、 b 、 c 为权重系数; Q_i 为燃气流量; P_i 和 ΔP_i 分别为压力和压力变化量。

8.根据权利要求1所述的燃气数据收集分析系统,其特征在于,数据分析模块采用燃气异常的综合评估模型,该模型结合时间序列预测、聚类分析和支持向量机的结果,评估燃气运行的整体风险水平,其风险函数为:

$$R = w_1 \cdot J + w_2 \cdot P_{\text{leak}} + w_3 \cdot \Delta Q$$

其中: R 为综合风险; J 为聚类目标值; P_{leak} 为泄漏概率; $\Delta Q = \hat{Q}(t+1) - Q(t)$ 为流量变化率; w_1 、 w_2 、 w_3 为权重系数。

燃气数据收集分析系统

技术领域

[0001] 本发明涉及燃气数据处理技术领域,尤其涉及的燃气数据收集分析系统。

背景技术

[0002] 随着城市化进程的加速,燃气作为一种清洁、高效的能源形式,被广泛应用于工业生产、商业运营以及居民生活中。燃气系统的运行效率与安全性直接关系到能源的合理利用和社会公共安全。各个地方燃气企业及管理部分都着力开发出自动的监控和控制系统,以对燃气的传输和使用进行监控,确保用气的安全性并提高用气的效率。

[0003] 然而,由于燃气系统运行环境复杂,涉及的管路多、用户多,往往存在各种泄漏问题、用量不足问题、调配效率低问题等等。具体而言,现有技术的燃气输送系统和监管系统存在以下几个主要问题亟待解决:(1) 多维度数据采集不足,当前燃气系统监测手段主要依赖单一类型传感器(如压力或流量传感器),采集数据维度有限,无法准确反映燃气系统的综合运行状况。(2) 数据采集的频率较低,动态变化的燃气数据不能被实时捕捉,导致监控响应滞后。(3) 数据传输的不稳定性,传统燃气系统多采用有线通信方式,如RS485或光纤通信。虽然有线传输具备高可靠性,但易受物理破坏、线路老化或外界环境干扰的影响,导致传输中断。(4) 数据处理与分析能力有限:现有燃气监控系统大多仅能进行简单的阈值比较或统计分析,缺乏深度的数据挖掘能力,难以对海量数据进行模式识别和趋势预测。(5) 报警与预警机制薄弱:现有系统的报警机制通常仅基于单一数据阈值设定,未能充分考虑多维度数据之间的关联性,容易产生误报或漏报现象。为此,我们急需设计的燃气数据收集分析系统来解决上述问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术中存在的不足,提供一种燃气数据收集分析系统。本发明的燃气数据收集分析系统要能够做到能够实时监测燃气管道的流量、压力、温度及浓度等参数,及时识别潜在风险,快速通知处理,有效减少安全隐患,提升燃气系统的可靠性和运行安全性。

[0005] 为了达到上述发明目的,本发明提供的技术方案如下:

[0006] 本发明一方面提供了一种燃气数据收集分析系统,该系统包括有数据采集模块、数据传输模块、数据存储模块、数据分析模块、预警与决策模块和用户接口模块,其中:

[0007] 数据采集模块:用于通过传感器实时采集燃气流量(Q_i)、压力(P_i)、温度(T_i)、燃气浓度(C_i),并根据以下公式对流量数据进行校正:

$$[0008] \quad Q_i = K \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

[0009] 其中: Q_i 为第*i*个燃气管道的校正流量; K 为校正系数,与燃气类型、管道直径等相关; P_i 为管道内的气体压力; V_i 为未经校正的瞬时流量; T_i 为燃气温度;

[0010] 数据传输模块,用于将采集的数据通过无线通信方式传输至数据存储模块,数据

传输速率R满足以下公式:

$$[0011] \quad R = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right)$$

[0012] 其中:R为数据传输速率;B为信道带宽; P_{signal} 为信号功率(单位:瓦特); P_{noise} 为噪声功率(单位:瓦特);

[0013] 数据存储模块,用于存储采集的燃气数据,包含实时存储和历史归档;

[0014] 数据分析模块,包括时间序列分析、聚类分析和分类分析,用于预测燃气需求和检测燃气异常;

[0015] 预警与决策模块,基于数据分析模块的输出生成燃气异常预警信号 A_{leak} 和 A_{flow} 和资源优化调度方案 D_{supply} ;

[0016] 用户接口模块,用于通过可视化界面显示燃气运行状态、历史趋势和报警信息。

[0017] 作为本发明优选的技术方案,所述校正系数K根据以下公式计算:

$$[0018] \quad K = \frac{R_{\text{gas}}}{D \cdot \sqrt{\pi}}$$

[0019] 其中: R_{gas} 为燃气摩尔气体常数;D为管道直径。

[0020] 作为本发明优选的技术方案,所述数据分析模块基于时间序列模型对燃气需求进行预测,其预测公式为:

$$[0021] \quad \hat{Q}(t+1) = \alpha \cdot Q(t) + (1 - \alpha) \cdot \hat{Q}(t)$$

[0022] 其中: $\hat{Q}(t+1)$ 为时刻t+1的预测流量; $Q(t)$ 为时刻t的实测流量; $\hat{Q}(t)$ 为时刻t的上一时刻预测流量; α 为平滑系数,满足 $0 < \alpha < 1$ 。

[0023] 作为本发明优选的技术方案,所述数据分析模块通过聚类算法对燃气异常进行检测,其目标函数为:

$$[0024] \quad J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k z_{ij} \cdot \|x_i - c_j\|^2$$

[0025] 其中:J为聚类目标函数值;n为数据点数量;k为聚类中心数量;

[0026] x_i 为数据点; c_j 为聚类中心; z_{ij} 表示数据点 x_i 是否属于中心 c_j , $z_{ij}=1$ 表示属于, $z_{ij}=0$ 表示不属于。

[0027] 作为本发明优选的技术方案,所述预警模块基于支持向量机(SVM)对燃气异常进行分类,其分类函数为:

$$[0028] \quad f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \right)$$

[0029] 其中: $f(x)$ 为分类结果; α_i 和b为支持向量机模型参数; y_i 为样本标签; $K(x, x_i)$ 为核函数,采用高斯核函数形式:

$$[0030] \quad K(x, x_i) = \exp\left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0031] 作为本发明优选的技术方案,所述预警与决策模块中燃气泄漏报警通过以下触发条件进行判定:

$$[0032] \quad A_{\text{leak}} = \begin{cases} 1, & \text{若 } \Delta P > \gamma \text{ 且 } C > C_{\text{threshold}}; \\ 0, & \text{否则。} \end{cases}$$

[0033] 其中: $\Delta P = P_{\text{in}} - P_{\text{out}}$ 为压差; γ 为安全压差阈值; C 为燃气浓度; $C_{\text{threshold}}$ 为安全浓度阈值。

[0034] 作为本发明优选的技术方案,所述用户接口模块通过以下公式计算燃气用量的趋势值并生成趋势图:

$$[0035] \quad T_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Q_i(t)$$

[0036] 其中: T_t 为时刻 t 的平均燃气用量; m 为用户数量; $Q_i(t)$ 为第 i 用户在时刻 t 的燃气流量。

[0037] 作为本发明优选的技术方案,所述预警模块支持燃气资源调度优化,其目标函数为:

$$[0038] \quad \text{Minimize } C = \sum_{i=1}^n (a \cdot Q_i + b \cdot P_i + c \cdot \Delta P_i^2)$$

[0039] 其中: C 为燃气供应的总成本; a 、 b 、 c 为权重系数; Q_i 为燃气流量; P_i 和 ΔP_i 分别为压力和压力变化量。

[0040] 作为本发明优选的技术方案,燃气泄漏概率 (P_{leak}) 基于多源数据联合计算,公式为:

$$[0041] \quad P_{\text{leak}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

[0042] 其中: P_{leak} 为总泄漏概率; p_i 为第 i 数据源的检测概率。

[0043] 作为本发明优选的技术方案,数据分析模块采用燃气异常的综合评估模型,该模型结合时间序列预测、聚类分析和支持向量机的结果,评估燃气运行的整体风险水平,其风险函数为:

$$[0044] \quad R = w_1 \cdot J + w_2 \cdot P_{\text{leak}} + w_3 \cdot \Delta Q$$

[0045] 其中: R 为综合风险; J 为聚类目标值; P_{leak} 为泄漏概率; $\Delta Q = \hat{Q}(t+1) - Q(t)$ 为流量变化率; w_1 、 w_2 、 w_3 为权重系数。

[0046] 基于上述技术方案,本发明燃气数据收集分析系统经过实践应用,取得如下有益效果:

[0047] 1. 本发明燃气数据收集分析系统通过多维度数据采集与智能化分析技术,能够实时监测燃气管道的流量、压力、温度及浓度等参数,及时识别燃气泄漏、流量异常或设备故障等潜在风险,并通过智能报警机制快速通知相关人员处理。这有效减少了安全隐患,显著

提升了燃气系统的可靠性和运行安全性。

[0048] 2. 本发明燃气数据收集分析系统利用机器学习和大数据分析技术对历史数据和实时数据进行深度挖掘,提供燃气需求预测、能耗分析以及资源调度优化方案,帮助燃气运营企业合理调配资源,降低能源浪费。同时,通过模块化设计,系统能够快速适应不同场景需求,为燃气系统的智能化管理提供支持。

[0049] 3. 本发明燃气数据收集分析系统通过无线通信技术和远程监控平台,本系统实现了无人化、自动化的燃气监控,降低了传统人工巡检的工作量和人力成本。报警与可视化功能支持跨平台操作(如PC端、移动端APP等),用户可实时查看燃气运行状态,提升管理效率,显著减少运营成本。

附图说明

[0050] 图1是本发明燃气数据收集分析系统的组织架构示意图。

具体实施方式

[0051] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0052] 以下结合多个实施例和图1,对本发明的具体实施方式进行详细描述。

[0053] 本发明是一种燃气数据收集分析系统,该系统包括有数据采集模块、数据传输模块、数据存储模块、数据分析模块、预警与决策模块和用户接口模块。其中,

[0054] 数据采集模块:用于通过传感器实时采集燃气流量(Q_i)、压力(P_i)、温度(T_i)、燃气浓度(C_i),并根据以下公式对流量数据进行校正:

$$[0055] \quad Q_i = K \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

[0056] 其中: Q_i 为第*i*个燃气管道的校正流量; K 为校正系数,与燃气类型、管道直径等相关; P_i 为管道内的气体压力; V_i 为未经校正的瞬时流量; T_i 为燃气温度;校正系数 K 根据以下公式计算:

$$[0057] \quad K = \frac{R_{\text{gas}}}{D \cdot \sqrt{\pi}}$$

[0058] 其中: R_{gas} 为燃气摩尔气体常数; D 为管道直径。

[0059] 数据传输模块,用于将采集的数据通过无线通信方式传输至数据存储模块,数据传输速率 R 满足以下公式:

$$[0060] \quad R = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right)$$

[0061] 其中: R 为数据传输速率; B 为信道带宽; P_{signal} 为信号功率(单位:瓦特); P_{noise} 为噪声功率(单位:瓦特);

[0062] 数据存储模块,用于存储采集的燃气数据,包含实时存储和历史归档;

[0063] 数据分析模块,包括时间序列分析、聚类分析和分类分析,用于预测燃气需求和检测燃气异常;

[0064] 数据分析模块基于时间序列模型对燃气需求进行预测,其预测公式为:

$$[0065] \quad \hat{Q}(t+1) = \alpha \cdot Q(t) + (1 - \alpha) \cdot \hat{Q}(t)$$

[0066] 其中: $\hat{Q}(t+1)$ 为时刻t+1的预测流量; $Q(t)$ 为时刻t的实测流量; $\hat{Q}(t)$ 为时刻t的上一个时刻预测流量; α 为平滑系数,满足 $0 < \alpha < 1$;

[0067] 数据分析模块通过聚类算法对燃气异常进行检测,其目标函数为:

$$[0068] \quad J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k z_{ij} \cdot \|x_i - c_j\|^2$$

[0069] 其中:J为聚类目标函数值;n为数据点数量;k为聚类中心数量;

[0070] x_i 为数据点; c_j 为聚类中心; z_{ij} 表示数据点 x_i 是否属于中心 c_j , $z_{ij}=1$ 表示属于, $z_{ij}=0$ 表示不属于。

[0071] 预警与决策模块,基于数据分析模块的输出生成燃气异常预警信号 A_{leak} 和 A_{flow} 和资源优化调度方案 D_{supply} ;

[0072] 预警模块支持燃气资源调度优化,其目标函数为:

$$[0073] \quad \text{Minimize } C = \sum_{i=1}^n (a \cdot Q_i + b \cdot P_i + c \cdot \Delta P_i^2)$$

[0074] 其中:C为燃气供应的总成本;a、b、c为权重系数; Q_i 为燃气流量; P_i 和 ΔP_i 分别为压力和压力变化量。

[0075] 预警模块基于支持向量机(SVM)对燃气异常进行分类,其分类函数为:

$$[0076] \quad f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \right)$$

[0077] 其中:f(x)为分类结果; α_i 和b为支持向量机模型参数; y_i 为样本标签; $K(x, x_i)$ 为核函数,采用高斯核函数形式:

$$[0078] \quad K(x, x_i) = \exp \left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2} \right);$$

[0079] 预警与决策模块中燃气泄漏报警通过以下触发条件进行判定:

$$[0080] \quad A_{leak} = \begin{cases} 1, & \text{若 } \Delta P > \gamma \text{ 且 } C > C_{threshold}; \\ 0, & \text{否则。} \end{cases}$$

[0081] 其中: $\Delta P = P_{in} - P_{out}$ 为压差; γ 为安全压差阈值;C为燃气浓度; $C_{threshold}$ 为安全浓度阈值。

[0082] 用户接口模块,用于通过可视化界面显示燃气运行状态、历史趋势和报警信息。

[0083] 用户接口模块通过以下公式计算燃气用量的趋势值并生成趋势图:

$$[0084] \quad T_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Q_i(t)$$

[0085] 其中: T_t 为时刻t的平均燃气用量; m 为用户数量; $Q_i(t)$ 为第*i*用户在时刻t的燃气流量。

[0086] 燃气泄漏概率(P_{leak})基于多源数据联合计算,公式为:

$$[0087] \quad P_{leak} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

[0088] 其中: P_{leak} 为总泄漏概率; p_i 为第*i*数据源的检测概率。

[0089] 数据分析模块采用燃气异常的综合评估模型,该模型结合时间序列预测、聚类分析和支持向量机的结果,评估燃气运行的整体风险水平,其风险函数为:

$$[0090] \quad R = w_1 \cdot J + w_2 \cdot P_{leak} + w_3 \cdot \Delta Q$$

[0091] 其中: R 为综合风险; J 为聚类目标值; P_{leak} 为泄漏概率; $\Delta Q = \hat{Q}(t+1) - Q(t)$ 为流量变化率; w_1 、 w_2 、 w_3 为权重系数。

[0092] 下面结合具体的实施方式做进一步说明;

[0093] 实施例1

[0094] 本实施例是燃气数据收集分析系统运行中的燃气数据采集与校正环节:

[0095] 燃气数据采集模块的组成与部署:在燃气管网的关键节点(如入户点、支线分配点、主干线)安装以下传感器:流量传感器:实时测量瞬时流量 V_i ,单位为 m^3/h ;压力传感器:测量管道内的燃气压力 P_i ,单位为MPa;温度传感器:测量燃气的温度 T_i ,单位为K;浓度传感器:测量燃气中可燃物质浓度 C_i ,单位为ppm。每个节点的传感器通过RS485总线连接至数据采集终端(控制器),控制器负责初步处理并存储数据。

[0096] 流量校正算法的实现:燃气流量 Q_i 的校正由以下公式完成:

$$[0097] \quad Q_i = K \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

[0098] K 为校正系数,取决于燃气类型、管道直径等,计算公式为:

$$[0099] \quad K = \frac{R_{gas}}{D \cdot \sqrt{\pi}}$$

[0100] 其中: R_{gas} :燃气摩尔气体常数,取值为 $8.314J/(mol \cdot k)$; D :管道直径,单位为m。

[0101] 实际部署案例:实验环境:某城市居民区的燃气管网(直径 $D=0.1m$,燃气为天然气)。

[0102] 数据采集:流量传感器读取: $V_i=12m^3/h$;压力传感器读取: $P_i=0.4MPa$;温度传感器读取: $T_i=298K$ 。

[0103] 计算校正系数 K :

$$[0104] \quad K = \frac{8.314}{0.1 \cdot \sqrt{\pi}} \approx 26.4$$

[0105] 校正流量 Q_i :

$$[0106] \quad Q_i = 26.4 \cdot \frac{0.4 \cdot 12}{298} \approx 0.425 m^3/h$$

[0107] 实施例2

[0108] 本实施例是燃气数据收集分析系统运行中数据传输模块的设计与实现环节;

[0109] 数据传输架构:数据采集终端通过无线通信方式(如LoRa或NB-IoT)将数据上传至云服务器传输间隔:每1分钟上传一次数据;每次上传的数据包括:流量 Q_i ;压力 P_i ;温度 T_i ;浓度 C_{i0}

[0110] 传输速率优化:传输速率由以下公式计算:

$$[0111] \quad R = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right)$$

[0112] 在实验环境中,假设:信道带宽 $B=125\text{kHz}$;信号功率 $P_{\text{signal}}=-70\text{dBm}$;噪声功率 $P_{\text{noise}}=-100\text{dBm}$ 。

[0113] 转换功率单位:

$$[0114] \quad P_{\text{signal}} = 10^{-7}\text{W}, P_{\text{noise}} = 10^{-10}\text{W}$$

[0115] 信噪比计算:

$$[0116] \quad \text{SNR} = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} = 10^3$$

[0117] 数据传输速率:

$$[0118] \quad R = 125 \cdot 10^3 \cdot \log_2(1+10^3) \approx 830\text{kb/s}$$

[0119] 传输机制:每次上传的数据经过AES加密以确保安全性;数据传输过程中采用CRC校验,保证数据的完整性。

[0120] 实施例3

[0121] 本实施例是燃气数据收集分析系统运行中燃气需求预测与时间序列分析环节;

[0122] 时间序列预测模型:燃气需求预测基于滑动加权平均模型,预测公式为:

$$[0123] \quad \hat{Q}(t+1) = \alpha \cdot Q(t) + (1-\alpha) \cdot \hat{Q}(t)$$

[0124] 其中: $Q(t)$:当前时刻 t 的实际流量; $\hat{Q}(t)$:上一时刻 t 的预测值; α :平滑系数,取值范围 $0 < \alpha < 1$ 。

[0125] 实际应用场景:某工业用户每天的燃气使用规律存在明显波动。通过该模型预测未来的用量,确保供应链的稳定性。

[0126] 示例数据:当前实际流量 $Q(1) = 100\text{m}^3/\text{h}$;上一时刻预测值 $\hat{Q}(0) = 90\text{m}^3/\text{h}$;平滑系数 $\alpha = 0.8$ 。预测值为:

$$[0127] \quad \hat{Q}(2) = 0.8 \cdot 100 + 0.2 \cdot 90 = 98\text{m}^3/\text{h}$$

[0128] 实施例4

[0129] 本实施例是燃气数据收集分析系统运行中燃气异常检测与报警;

[0130] 异常检测:使用K-Means聚类算法检测燃气流量异常:

[0131] 聚类目标函数为:

$$[0132] \quad J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k z_{ij} \cdot \|x_i - c_j\|^2$$

[0133] 分类报警:使用支持向量机(SVM)对异常点进行分类,分类函数为:

$$[0134] \quad f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \right)$$

[0135] 核函数为:

$$[0136] \quad K(x, x_i) = \exp \left(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2} \right)$$

[0137] 输出分类结果包括“正常”“泄漏”“异常高流量”等。

[0138] 实施方式五:燃气泄漏报警与综合评估;

[0139] 泄漏报警判定:燃气泄漏报警通过以下条件判定:

$$[0140] \quad A_{\text{leak}} = \begin{cases} 1, & \text{若 } \Delta P > \gamma \text{ 且 } C > C_{\text{threshold}}; \\ 0, & \text{否则。} \end{cases}$$

[0141] 示例参数:压差 $\Delta P = 0.07\text{MPa}$;浓度 $C = 15\text{ppm}$;安全阈值: $\gamma = 0.05\text{MPa}$, $C_{\text{threshold}} = 10\text{ppm}$ 。

[0142] 综合风险评估:风险评估公式为:

$$[0143] \quad R = w_1 \cdot J + w_2 \cdot P_{\text{leak}} + w_3 \cdot \Delta Q$$

[0144] 其中:

$$[0145] \quad P_{\text{leak}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i);$$

[0146] 风险权重: $w_1 = 0.4$, $w_2 = 0.3$, $w_3 = 0.3$ 。

[0147] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

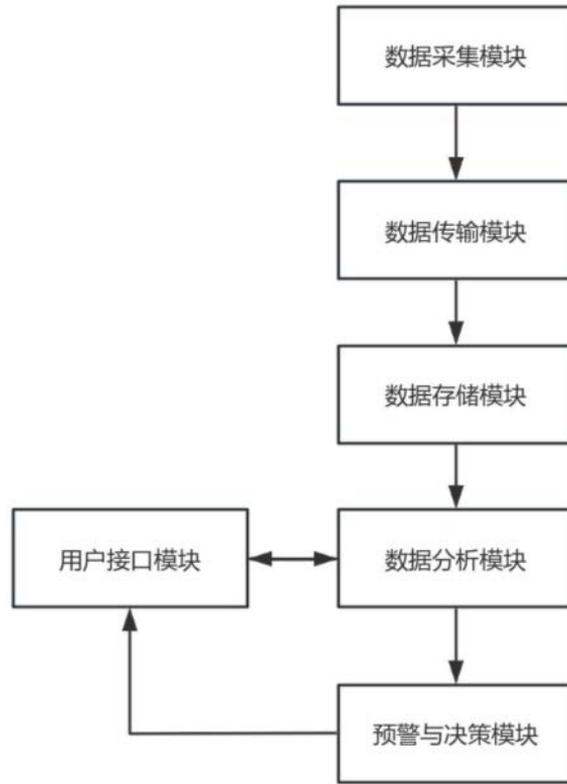


图1