

# 某区域温度/湿度/气压数据发布订阅及分析处理系统

## 目录

1. 需求说明
2. 系统设计
3. 软件说明
4. 部署说明
5. 使用说明

## 1. 需求说明

### 1.1 项目背景

随着物联网（IoT）技术的快速发展，环境监测数据的实时采集、传输和分析处理变得越来越重要。本项目旨在构建一个完整的物联网数据发布订阅系统，实现温度、湿度、气压等环境数据的实时采集、发布、订阅、存储和分析处理。

### 1.2 功能需求

根据项目要求，系统需要实现以下 8 个核心功能模块：

#### 1.2.1 发布端 (Publisher)

- **功能描述：**从传感器数据文件（JSON 格式）中读取温度、湿度、气压数据
- **核心功能：**
  - 支持从本地 JSON 文件读取历史传感器数据
  - 通过 MQTT 协议将数据发布到指定的主题（topic）
  - 支持按时间序列逐条发布数据
  - 提供 RESTful API 接口控制数据发布的启动和暂停
  - 实时生成数据可视化图表（折线图）
  - 支持预测数据曲线的生成和展示

#### 1.2.2 MQTT 代理/服务端 (MQTT Broker/Server)

- **功能描述：**部署 MQTT 服务器，实现消息代理和转发功能
- **核心功能：**
  - 支持 MQTT 标准协议（端口 1883）
  - 支持 WebSocket 协议（端口 8083），便于 Web 客户端连接
  - 实现用户认证机制（用户名/密码）
  - 支持消息持久化存储
  - 提供日志记录功能
  - 支持多客户端同时连接和订阅

#### 1.2.3 订阅端 (Subscriber)

- **功能描述：**订阅 MQTT 主题数据，接收并显示实时数据

- **核心功能：**
  - 通过 WebSocket 连接 MQTT 代理服务器
  - 支持订阅多个主题 (temperature/data、humidity/data、pressure/data)
  - 实时接收并解析 JSON 格式的消息数据
  - 支持动态订阅和取消订阅
  - 提供连接状态监控和错误处理
  - 实现消息队列质量保证 (QoS 级别 1)

#### 1.2.4 数据处理部分 (Data Processing)

- **功能描述：**接收订阅数据，进行本地存储、处理和分析
- **核心功能：**
  - 接收并解析订阅的传感器数据
  - 计算每日数据的平均值
  - 按时间序列组织数据
  - 生成历史数据曲线图
  - 实现数据预测分析算法
  - 对比预测曲线与历史数据曲线的拟合度
  - 数据本地存储和管理

#### 1.2.5 用户界面 (User Interface)

- **功能描述：**为发布端、订阅端和数据处理端提供图形化界面
- **核心功能：**
  - **发布端界面：**
    - 提供数据发布控制按钮 (启动/暂停)
    - 显示发布状态和响应信息
    - 支持三种数据类型 (温度、湿度、气压) 的独立控制
  - **订阅端界面：**
    - 显示 MQTT 连接状态
    - 提供订阅/取消订阅控制按钮
    - 以表格形式展示接收到的数据 (日期、平均值)
    - 支持数据折线图的查看和展示
    - 显示预测数据曲线图
    - 使用标签页 (Tabs) 分类展示不同类型的数据
  - **主页界面：**
    - 提供系统导航入口
    - 美观的 UI 设计，包含背景图片和按钮

#### 1.2.6 部署要求 (Deployment)

- **功能描述：**支持分布式部署，各组件可部署在不同主机
- **核心功能：**
  - MQTT 服务器可独立部署在局域网内的一台主机

- 发布端可部署在另一台主机
- 订阅端（Web 前端）可在本地或远程访问
- 支持跨主机网络通信
- 配置灵活的网络地址和端口

### 1.2.7 数据分析 (Data Analysis)

- **功能描述：**实现数据预测分析，对比预测曲线与历史数据
- **核心功能：**
  - 基于历史数据生成预测模型
  - 生成预测数据曲线图
  - 计算预测曲线与历史数据曲线的拟合度
  - 可视化展示预测结果
  - 支持多种数据分析算法

### 1.2.8 界面美观性 (Interface Aesthetics)

- **功能描述：**界面设计美观、合理，用户体验良好
- **核心功能：**
  - 采用现代化的 UI 设计风格
  - 使用 Element Plus 组件库
  - 响应式布局设计
  - 清晰的数据展示方式
  - 友好的交互反馈

## 1.3 非功能需求

- **性能要求：**
  - 支持实时数据发布和订阅（延迟 < 1 秒）
  - 支持多客户端同时连接
  - 数据发布频率：每秒 1 条数据
- **可靠性要求：**
  - MQTT 连接支持自动重连机制
  - 消息传输使用 QoS 级别 1，确保消息至少送达一次
  - 异常处理和错误提示
- **安全性要求：**
  - MQTT 服务器支持用户名密码认证
  - 禁止匿名访问
- **可维护性要求：**
  - 代码结构清晰，模块化设计
  - 提供详细的配置说明文档
  - 支持日志记录

## 2. 系统设计

## 2.1 系统架构

本系统采用分布式架构，包含三个主要组件，各组件通过 MQTT 协议进行通信。

### 1. 订阅端 (Web 前端)

- 技术栈: Vue3 + TypeScript + MQTT.js
- 通信方式: WebSocket 连接 (端口 8083)
- 主要功能: 订阅 MQTT 主题、实时接收数据、数据可视化展示

### 2. MQTT 代理服务器

- 软件: Mosquitto
- 端口: 1883 (MQTT 标准协议)、8083 (WebSocket 协议)
- 主要功能: 消息路由转发、用户认证、连接管理

### 3. 发布端 (后端服务)

- 技术栈: Flask + Python + paho-mqtt
- 端口: 3000 (HTTP API)
- 主要功能: 读取传感器数据、数据格式化处理、发布到 MQTT 主题

系统数据流向: 发布端 → MQTT 代理服务器 → 订阅端

#### 2.1.1 组件说明

##### 1. MQTT 代理服务器 (Mosquitto)

- 部署在服务器 (示例 IP: 172.24.18.241)
- 端口: 1883 (MQTT)、8083 (WebSocket)
- 负责消息转发与用户认证

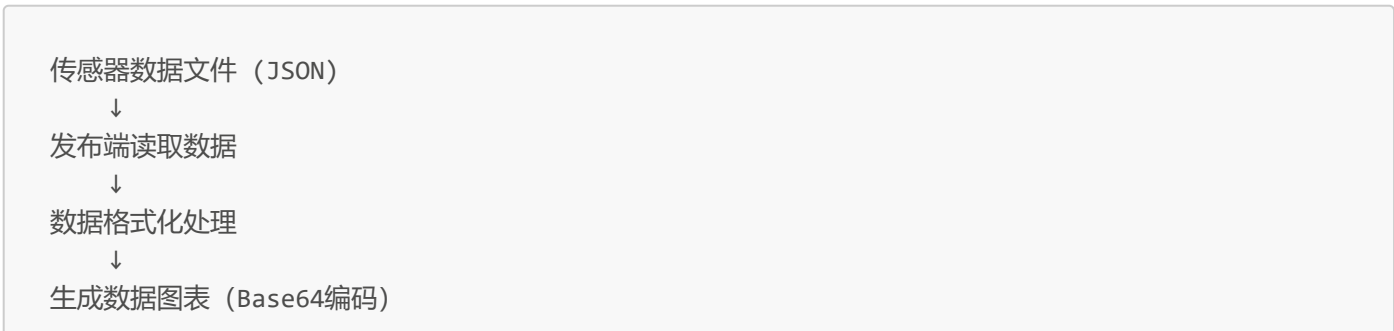
##### 2. 发布端 (Publisher End)

- 基于 Flask 的 Python Web 服务
- 与 MQTT 服务器同机部署, 端口 3000
- 从本地 JSON 读取传感器数据, 通过 MQTT 发布到指定主题

##### 3. 订阅端 (Subscriber End)

- 基于 Vue3 + TypeScript 的前端应用 (Vite 构建)
- 通过 WebSocket 连接 MQTT, 实时接收并展示数据
- 可在本地或远程浏览器访问

## 2.2 数据流设计



↓  
发布到MQTT主题 (temperature/data, humidity/data, pressure/data)  
↓  
MQTT代理服务器转发  
↓  
订阅端接收数据  
↓  
数据解析和存储  
↓  
界面展示 (表格、图表)

## 2.3 技术架构

### 2.3.1 后端技术栈

发布端：

- **语言**：Python 3.x
- **Web 框架**：Flask
- **MQTT 客户端库**：paho-mqtt
- **数据处理**：JSON、datetime
- **图表生成**：matplotlib
- **跨域支持**：flask-cors

MQTT 服务器：

- **软件**：Mosquitto
- **协议支持**：MQTT 3.1.1、WebSocket
- **认证方式**：用户名/密码

### 2.3.2 前端技术栈

订阅端：

- **框架**：Vue 3 (Composition API)
- **语言**：TypeScript
- **构建工具**：Vite
- **UI 组件库**：Element Plus
- **MQTT 客户端**：mqtt.js (v5.x)
- **HTTP 客户端**：axios
- **路由**：Vue Router

## 2.4 数据库设计

本系统采用文件存储方式，不依赖传统数据库：

- **传感器数据文件**：JSON 格式，存储在 `publisher-end/sensor-data/` 目录
  - `temperature.json`：温度数据
  - `humidity.json`：湿度数据

- `pressure.json`: 气压数据

- **数据格式:**

```
[
  {
    "2014-02-13T06:20:00": "3",
    "2014-02-13T13:50:00": "7",
    ...
  },
  ...
]
```

- **预测图表文件:** PNG 格式, 存储在 `publisher-end/plots/` 目录
  - `temperature_plots/`: 温度预测图表
  - `humidity_plots/`: 湿度预测图表
  - `pressure_plots/`: 气压预测图表

## 2.5 消息格式设计

### 2.5.1 MQTT 主题设计

- `temperature/data`: 温度数据主题
- `humidity/data`: 湿度数据主题
- `pressure/data`: 气压数据主题

### 2.5.2 消息负载格式 (JSON)

```
{
  "date": "02-13",           // 日期 (月-日格式)
  "average": "4.50",         // 平均值 (字符串格式, 保留2位小数)
  "detail": [                // 详细数据列表
    {
      "time": "06:00",       // 时间 (时:分格式)
      "value": "2.00"        // 数值 (字符串格式, 保留2位小数)
    },
    ...
  ],
  "graph": "base64_encoded_image", // 历史数据折线图 (Base64编码)
  "prediction": "base64_encoded_image" // 预测数据曲线图 (Base64编码, 可选)
}
```

## 2.6 接口设计

### 2.6.1 发布端 RESTful API

#### 接口 1: 控制数据发布

- **URL:** `GET /pub/<topic>`

- **方法:** GET
- **参数:**
  - **topic:** 数据类型 (temperature、humidity、pressure)
- **响应:**

```
{
  "status": "started" | "paused",
  "message": "Data publishing started/paused for topic <topic>"
}
```

## 2.7 安全设计

### 1. MQTT 认证:

- 启用用户名/密码认证
- 禁止匿名访问
- 密码文件: `/etc/mosquitto/passwd`

### 2. 网络安全:

- 支持内网部署
- 可配置防火墙规则
- 端口访问控制

## 3. 软件说明

### 3.1 系统组成

本项目包含以下三个主要模块:

1. **mqtt-server/**: MQTT 代理服务器配置和部署文件
2. **publisher-end/**: 数据发布端应用程序
3. **subscriber-end/**: 数据订阅端 Web 应用程序

### 3.2 模块详细说明

#### 3.2.1 MQTT 服务器模块 (mqtt-server)

**功能:** 提供 MQTT 消息代理服务

**主要文件:**

- `mosquitto_websocket_config.conf`: Mosquitto 配置文件示例
- `setup_mqtt_password.sh`: 设置 MQTT 用户密码的脚本
- `test_mqtt_connection.sh`: 测试 MQTT 连接的脚本
- `check_mqtt_websocket.sh`: 检查 WebSocket 连接的脚本
- `开放端口说明.md`: 端口配置说明文档

**配置说明:**

- 监听端口：1883 (MQTT) 、8083 (WebSocket)
- 持久化存储：启用
- 日志文件：/var/log/mosquitto/mosquitto.log
- 认证方式：用户名/密码

### 3.2.2 发布端模块 (publisher-end)

**功能：**从文件读取传感器数据并通过 MQTT 发布

**主要文件：**

- `app.py`：Flask 应用程序主文件
- `sensor-data/`：传感器数据文件目录
  - `temperature.json`：温度数据 (116 条记录)
  - `humidity.json`：湿度数据 (116 条记录)
  - `pressure.json`：气压数据 (116 条记录)
- `plots/`：预测图表目录
  - `temperature_plots/`：116 张温度预测图表
  - `humidity_plots/`：116 张湿度预测图表
  - `pressure_plots/`：116 张气压预测图表

**核心功能实现：**

1. **数据加载** (`load_data`函数)：
  - 从 JSON 文件读取传感器数据
  - 按主题 (topic) 分类存储
2. **数据格式化** (`format_data`函数)：
  - 提取日期信息
  - 计算平均值
  - 按时间排序详细数据
  - 生成历史数据折线图 (Base64 编码)
  - 加载对应的预测图表 (Base64 编码)
3. **图表生成** (`generate_graph`函数)：
  - 使用 matplotlib 生成折线图
  - 图表尺寸：15x5 英寸
  - 包含网格线和数据点标记
  - 转换为 Base64 编码的 PNG 图片
4. **数据发布** (`publish_data`函数)：
  - 多线程实现，每个主题独立线程
  - 每秒发布一条数据
  - 支持暂停和恢复
  - 自动循环发布 (发布完所有数据后重置)
5. **MQTT 连接** (`connect_mqtt`函数)：
  - 使用 WebSocket 传输协议



- 配置用户名和密码
- 启动消息循环

#### 6. API 接口 (`toggle_publish`函数) :

- 控制数据发布的启动和暂停
- 返回操作状态

#### 依赖库:

- `flask`: Web 框架
- `flask-cors`: 跨域支持
- `paho-mqtt`: MQTT 客户端
- `matplotlib`: 图表生成
- `json`、`datetime`、`threading`: 标准库

### 3.2.3 订阅端模块 (`subscriber-end`)

功能: 订阅 MQTT 主题数据并在 Web 界面展示

#### 主要文件:

- `src/App.vue`: 根组件
- `src/main.ts`: 应用入口文件
- `src/router/index.ts`: 路由配置
- `src/config/index.ts`: 配置文件
- `src/pages/Home.vue`: 主页组件
- `src/pages/PublishingEnd.vue`: 发布端控制页面
- `src/pages/SubscriptionEnd.vue`: 订阅端数据展示页面

#### 核心功能实现:

##### 1. MQTT 连接管理 (`connectToMQTT`函数) :

- 通过 WebSocket 连接 MQTT 服务器
- 配置自动重连 (5 秒间隔)
- 连接超时设置 (10 秒)
- 监听连接、消息、错误等事件

##### 2. 订阅管理 (`toggleSubscription`函数) :

- 支持动态订阅和取消订阅
- 使用 QoS 级别 1 确保消息送达
- 提供用户友好的状态反馈

##### 3. 数据处理 (消息处理回调) :

- 解析 JSON 格式的消息
- 按主题分类存储数据
- 更新 UI 显示
- 错误处理和日志记录

##### 4. 数据展示:

- 使用 Element Plus 表格组件展示数据
- 标签页分类显示不同类型数据
- 支持查看数据折线图（弹窗显示）
- 显示预测数据曲线图

#### 5. 发布端控制 (`PublishingEnd.vue`) :

- 通过 HTTP 请求控制发布端
- 支持三种数据类型的独立控制
- 显示操作状态

#### 技术特点:

- 使用 Vue 3 Composition API
- TypeScript 类型安全
- 响应式数据绑定
- 组件化设计
- 现代化的 UI 设计

#### 依赖库:

- `vue`: Vue 框架
- `vue-router`: 路由管理
- `element-plus`: UI 组件库
- `mqtt`: MQTT 客户端库
- `axios`: HTTP 客户端

### 3.3 数据流程说明

#### 3.3.1 数据发布流程

1. 用户通过 Web 界面点击"发布温度数据"按钮
2. 前端发送 HTTP 请求到发布端 API: `GET /pub/temperature`
3. 发布端启动发布线程, 开始读取`temperature.json`文件
4. 按索引顺序读取每条数据记录
5. 对数据进行格式化处理:
  - 提取日期和数值
  - 计算平均值
  - 生成历史数据折线图
  - 加载对应的预测图表
6. 将格式化后的数据发布到 MQTT 主题: `temperature/data`
7. 每秒发布一条数据, 直到所有数据发布完成

#### 3.3.2 数据订阅流程

1. 用户打开订阅端页面
2. 前端自动建立 MQTT WebSocket 连接
3. 用户点击"订阅温度数据"按钮

4. 前端发送订阅请求到 MQTT 服务器: `subscribe('temperature/data', {qos: 1})`
5. MQTT 服务器确认订阅成功
6. 当发布端发布数据时, MQTT 服务器转发消息到订阅端
7. 订阅端接收消息并解析 JSON 数据
8. 更新前端数据列表和图表显示
9. 用户可以在界面中查看数据表格和图表

## 3.4 关键算法说明

### 3.4.1 数据平均值计算

对每条数据记录中的所有数值求平均值, 保留 2 位小数。

### 3.4.2 时间排序算法

```
detail_sorted = sorted(detail, key=lambda x: datetime.strptime(x['time'], '%H:%M'))
```

按时间字符串 (HH:MM 格式) 对详细数据进行排序, 确保数据按时间顺序显示。

### 3.4.3 图表生成算法

使用 matplotlib 生成折线图:

- X 轴: 时间点 (HH:MM 格式)
- Y 轴: 数据值
- 图表类型: 折线图, 带数据点标记
- 输出格式: PNG 图片, Base64 编码

## 3.5 错误处理机制

### 1. MQTT 连接错误:

- 自动重连机制 (5 秒间隔)
- 连接状态提示
- 错误消息显示

### 2. 消息解析错误:

- Try-catch 异常捕获
- 错误日志记录
- 用户友好的错误提示

### 3. 网络错误:

- HTTP 请求超时处理
- 连接失败提示
- 重试机制

## 4. 部署说明

## 4.1 环境要求

- **MQTT 服务器**: Linux 系统, Mosquitto 2.x, 需要开放端口 1883 和 8083
- **发布端**: Python 3.7+, 需要安装 Flask、paho-mqtt、matplotlib 等依赖库
- **订阅端**: Node.js 16+, 现代浏览器

## 4.2 部署要点

### MQTT 服务器部署:

- 安装 Mosquitto 并配置 WebSocket 监听器 (端口 8083)
- 设置用户名密码认证 (禁止匿名访问)
- 启动服务并开放相应端口

### 发布端部署:

- 安装 Python 依赖: `pip3 install flask flask-cors paho-mqtt matplotlib`
- 配置 MQTT 连接信息 (服务器 IP、端口、用户名、密码)
- 准备传感器数据文件 (temperature.json、humidity.json、pressure.json)
- 启动 Flask 服务: `python3 app.py`

### 订阅端部署:

- 安装 Node.js 依赖: `npm install` 或 `cnpm install`
- 配置 MQTT WebSocket 连接地址和认证信息
- 开发模式运行: `npm run dev`, 或构建生产版本: `npm run build`

## 4.3 快速部署步骤示例

本项目整体部署可以概括为 **先部署 MQTT 服务器** → **再部署发布端 app.py** → **最后部署订阅端前端**, 详细命令和截图已分别写在各模块目录下的 `README.md` 中, 这里只给出总体步骤, 便于快速上手:

### 1. 准备代码与基础环境

- 克隆本项目代码到服务器或本地开发机。
- 确认服务器已安装 `Python 3.7+`、`Node.js 16+`, 并可以访问外网安装依赖。

### 2. 部署 MQTT 服务器 (mqtt-server)

- 在计划作为 MQTT Broker 的 Linux 服务器上, 进入 `mqtt-server/` 目录。
- 按 `mqtt-server/README.md` 中的命令安装 Mosquitto, 并修改 `/etc/mosquitto/mosquitto.conf`, 开启 1883 (MQTT) 和 8083 (WebSocket) 端口、关闭匿名访问、配置 `password_file`。
- 使用 `mosquitto_passwd` 创建用户名为 `mqtt_server` 的账号, 重启 Mosquitto 服务, 确保可以通过 `mqtt://服务器IP:1883` 和 `ws://服务器IP:8083` 正常连接。

### 3. 部署发布端后端 (publisher-end / app.py)

- 在计划运行发布端的服务器上 (可以与 MQTT 同机), 进入 `publisher-end/` 目录。
- 参考 `publisher-end/README.md`, 使用 `pip3 install flask flask-cors paho-mqtt matplotlib` 安装依赖。
- 按需在发布端中配置 MQTT 服务器的 IP、端口、用户名 `mqtt_server` 和对应密码, 确保能连接到上一步部署的 MQTT 服务器。

- 使用 `python3 app.py` 启动 Flask 服务（可结合 `tmux` 或 `systemd` 保持常驻运行），默认监听 `3000` 端口用于前端控制发布。

#### 4. 部署订阅端前端 (subscriber-end)

- 在需要提供 Web 访问的环境（本地或服务器）进入 `subscriber-end/` 目录。
- 按 `subscriber-end/README.md` 使用 `npm install / cnpm install` 安装依赖。
- 根据实际服务器地址，在 `src/config/index.ts` 中配置：
  - `API_BASE_URL`：指向发布端 Flask 服务地址，例如 `http://服务器IP:3000`；
  - `MQTT_WS_URL`：指向 MQTT WebSocket 地址，例如 `ws://服务器IP:8083` 或 `ws://服务器IP:8083/mqtt`。
- 开发环境下可直接运行 `npm run dev` 在本地调试；生产环境使用 `npm run build` 生成静态文件，再由 Nginx 等静态文件服务器托管。

#### 5. 联调与验证

- 先在浏览器访问订阅端首页，进入“订阅端”页面，确认 MQTT 连接成功（页面有成功提示）。
- 再在“发布端”页面点击对应按钮触发温度/湿度/气压数据发布，在订阅端观察表格与折线图是否持续更新。

详细部署命令、配置片段及端口截图请参考 `mqtt-server/README.md`、`publisher-end/README.md` 和 `subscriber-end/README.md`。

## 5. 使用说明

### 5.1 系统启动流程

#### 1. 启动 MQTT 服务器（如果未自动启动）：

```
sudo systemctl start mosquitto
```

#### 2. 启动发布端：

```
cd publisher-end
python3 app.py
```

#### 3. 启动订阅端：

```
cd subscriber-end
npm run dev
```

#### 4. 访问系统：

- 打开浏览器访问：`http://localhost:5173`

### 5.2 功能使用说明

## 5.2.1 发布数据

1. 在主页点击"发布端"按钮，进入发布端控制页面
2. 点击"发布/暂停发布温度数据"按钮，开始发布温度数据
3. 同样可以发布湿度数据和气压数据
4. 按钮文字会显示当前状态（发布中/已暂停）

## 5.2.2 订阅数据

1. 在主页点击"订阅端"按钮，进入订阅端数据展示页面
2. 等待 MQTT 连接成功（页面顶部会显示连接状态）
3. 点击"订阅温度数据"按钮，开始订阅温度数据
4. 订阅成功后，数据会自动显示在表格中
5. 可以点击"查看图片"按钮查看数据折线图
6. 预测数据曲线图会自动显示在页面顶部

### 5.2.2.1 典型使用流程示例（对应实验截图）

为了展示系统的完整使用过程，本项目基于实验截图给出一个典型流程示例（首页 → 订阅端 → 发布端 → 数据展示）：

1. **首页访问**：打开系统首先进入首页，展示项目名称与简介，用户可从首页分别进入「订阅端」或「发布端」。



2. **进入订阅端，查看初始状态**：首次进入订阅端时，只能看到 MQTT 连接状态提示和空的表格区域，此时尚未订阅或接收到任何数据。



3. **进入发布端，准备发布数据：**切换到发布端后，可以看到用于控制温度、湿度、气压三类数据的一键发布/暂停按钮，用来触发后端 `app.py` 向 MQTT 发布数据。



4. **仅订阅但尚未发布：**在订阅端点击“订阅温度数据”后，界面提示订阅成功，但由于发布端尚未开始发布温度数据，表格和折线图区域仍为空。



5. **发布失败场景：**在发布端尝试发布温度数据时，如果后端服务或网络异常，界面会给出“发布失败，请稍后重试”等提示，此时订阅端不会接收到新的数据。

# 一键发布 / 暂停数据流

用于触发温度、湿度、气压数据的发布或暂停操作，配合订阅端完成端到端联调。

## 选择发布主题

发布动作多次点击效果相同，可安全重试。若长时间无响应，可刷新页面后重试。

发布 / 暂停温度数据

发布 / 暂停湿度数据

发布 / 暂停气压数据

发布失败，请稍后重试

6. 发布成功场景：再次点击发布按钮后，请求成功返回类似 `{"message":"Data publishing started for topic temperature","status":"started"}` 的信息，表示温度数据发布线程已启动。

# 一键发布 / 暂停数据流

用于触发温度、湿度、气压数据的发布或暂停操作，配合订阅端完成端到端联调。

## 选择发布主题

发布动作多次点击效果相同，可安全重试。若长时间无响应，可刷新页面后重试。

发布 / 暂停温度数据

发布 / 暂停湿度数据

发布 / 暂停气压数据

`{"message":"Data publishing started for topic temperature","status":"started"}`

7. 先订阅后发布的推荐顺序：在重新测试时，先在订阅端订阅湿度数据，再在发布端发布湿度数据，可以看到订阅端逐步出现湿度折线图以及前几天的平均数据记录。

## 实时订阅与可视化

订阅温度 / 湿度 / 气压数据，查看表格与折线图预测。建议先订阅再发布。

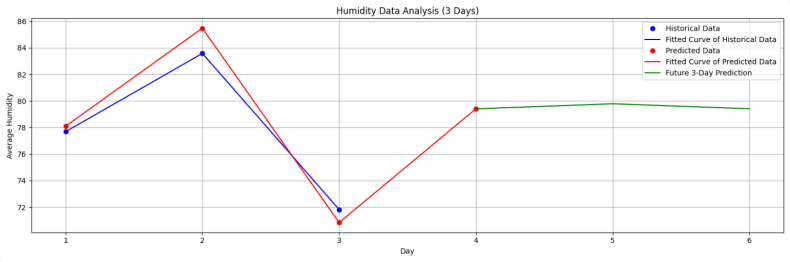
MQTT 已连接，可以开始订阅了！建议先订阅再发布，确保不丢失数据

订阅温度数据

取消订阅温度数据

订阅气压数据

温度数据 湿度数据 气压数据



| 日期    | 平均湿度  | 查看图片                  |
|-------|-------|-----------------------|
| 02-13 | 77.69 | <a href="#">数据折线图</a> |
| 02-14 | 83.58 | <a href="#">数据折线图</a> |
| 02-15 | 71.82 | <a href="#">数据折线图</a> |



8. **持续订阅与数据累积：**保持订阅和发布一段时间后，订阅端表格中会累计更多日期的数据（如 15 天），折线图则同步展示历史曲线与预测曲线的整体走势，完成一次完整的“发布-订阅-可视化”演示。



### 5.2.3 查看数据

- **表格视图：**显示每条数据的日期和平均值
- **折线图：**点击"数据折线图"按钮，在弹窗中查看详细的时间序列折线图
- **预测图：**页面顶部自动显示预测数据曲线图
- **标签页切换：**使用标签页切换查看不同类型的数据（温度、湿度、气压）

### 5.3 注意事项

1. **发布和订阅顺序：**
  - 建议先订阅再发布，确保不丢失数据
  - 如果先发布后订阅，已发布的数据不会被接收
2. **数据发布速度：**
  - 系统每秒发布一条数据
  - 116 条数据大约需要 2 分钟发布完成
  - 发布完成后会自动停止
3. **连接状态：**
  - 订阅端页面会显示 MQTT 连接状态
  - 如果连接失败，请检查网络和服务器配置
  - 系统支持自动重连

#### 4. 数据格式：

- 所有数据保留 2 位小数
- 日期格式：MM-DD
- 时间格式：HH:MM

## 5.4 故障排除

### 问题 1：MQTT 连接失败

- 检查项：
  - MQTT 服务器是否运行
  - 端口 8083 是否开放
  - 用户名和密码是否正确
  - 网络连接是否正常

### 问题 2：无法发布数据

- 检查项：
  - 发布端服务是否运行
  - 数据文件是否存在
  - MQTT 连接是否成功
  - 端口 3000 是否可访问

### 问题 3：无法接收数据

- 检查项：
  - 是否已订阅对应主题
  - MQTT 连接是否成功
  - 发布端是否正在发布数据
  - 浏览器控制台是否有错误信息

### 问题 4：图表不显示

- 检查项：
  - 数据是否包含 graph 字段
  - Base64 编码是否正确
  - 浏览器是否支持图片显示

## 6. 项目总结

### 6.1 项目特点

1. **完整的 IoT 数据流：**实现了从数据采集、发布、传输、订阅到分析展示的完整流程
2. **分布式架构：**支持多主机部署，各组件可独立运行
3. **实时性：**支持实时数据发布和订阅，延迟低
4. **可视化：**提供丰富的数据可视化功能，包括折线图和预测曲线

5. **用户友好**: 现代化的 Web 界面, 操作简单直观
6. **可靠性**: MQTT QoS 保证、自动重连、错误处理等机制

## 6.2 技术亮点

1. **MQTT 协议应用**: 使用 MQTT 实现高效的消息发布订阅
2. **WebSocket 支持**: 通过 WebSocket 实现 Web 客户端直接连接 MQTT
3. **前后端分离**: Vue3 前端 + Flask 后端, 架构清晰
4. **数据可视化**: matplotlib 生成图表, Base64 编码传输
5. **多线程处理**: 发布端使用多线程实现并发发布
6. **响应式设计**: Vue3 响应式系统, 数据自动更新

## 6.3 改进方向

1. **数据持久化**: 可以引入数据库 (如 MySQL、MongoDB) 存储历史数据
2. **数据分析增强**: 实现更复杂的数据分析算法和预测模型
3. **用户管理**: 添加用户注册、登录功能
4. **数据导出**: 支持将数据导出为 Excel、CSV 等格式
5. **实时监控**: 添加系统监控和性能指标展示
6. **移动端适配**: 开发移动端应用或响应式设计优化

## 附录

### A. 项目文件结构

```
Regional_THP_Data_Publishing_Subscription_and_Analysis_System/
├── mqtt-server/                    # MQTT服务器配置
│   ├── mosquitto_websocket_config.conf
│   ├── setup_mqtt_password.sh
│   ├── test_mqtt_connection.sh
│   └── 开放端口说明.md
├── publisher-end/                 # 发布端
│   ├── app.py                    # Flask应用主文件
│   ├── sensor-data/              # 传感器数据文件
│   │   ├── temperature.json
│   │   ├── humidity.json
│   │   └── pressure.json
│   └── plots/                     # 预测图表
│       ├── temperature_plots/
│       ├── humidity_plots/
│       └── pressure_plots/
├── subscriber-end/                # 订阅端
│   ├── src/
│   │   ├── App.vue
│   │   ├── main.ts
│   │   ├── config/
│   │   ├── pages/
│   │   └── router/
│   └── package.json
```

## B. 参考资料

1. **MQTT 协议规范**: <https://mqtt.org/>
2. **Mosquitto 文档**: <http://mosquitto.org/>
3. **Vue3 文档**: <https://vuejs.org/>
4. **Flask 文档**: <https://flask.palletsprojects.com/>
5. **Element Plus 文档**: <https://element-plus.org/>

文档版本: v1.0

最后更新: 2025 年 12 月