

# 网络环境下气象数据自动查询系统设计

朱雪峰, 高美美, 侯康

(陕西省榆林市气象局, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 针对传统的气象数据查询方法存在查询过程复杂、准确率低等问题, 提出一种网络环境下气象数据自动查询系统设计方法: 首先设置在网络环境下, 设计气象数据查询系统的硬件部分和软件部分, 其中, 系统的硬件由上位机和下位机组成; 软件设计包括气象数据查询系统气压查询软件设计、湿度数据查询系统气压查询软件设计、气象数据查询系统气压查询软件设计和气象数据查询系统风向风速查询软件设计, 在此基础之上, 最终实现气象数据的自动查询; 仿真实验结果证明, 所提方法可以方便、快捷、准确地查询气象数据信息。

**关键词:** 网络环境; 气象数据; 数据查询系统; 系统设计

## Design of Automatic Meteorological Data Query System in Network Environment

Zhu Xuefeng, Gao Meimei, Hou Kang

(Yulin Meteorological Bureau of Shaanxi Province, Yulin 719000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of complex query process and low accuracy in the traditional meteorological data query method, a design method of meteorological data automatic query system in network environment is presented. The first set in the network environment, the design of meteorological data query hardware and software system, the hardware of the system consists of upper and lower machine software design, including meteorological data query system query software design, air pressure and humidity data query system pressure check software design, meteorological data query system query software design and meteorological pressure the wind data query system software design, on this basis, finally realize automatic meteorological data query. The simulation results show that the proposed method is convenient, fast and accurate to query the meteorological data.

**Keywords:** Network environment; meteorological data; data query system; system design

## 0 引言

近年来, 气象与人们的关系越发密切, 空气质量、气候条件等个环境因素, 对人类的身体健康有着重要的影响<sup>[1]</sup>。灾害性的天气, 也给人类生命财产安全带来了极大的危害损失<sup>[2]</sup>。传统的查询系统一直存在查询误差大, 而且费时费力的问题。为了及时、准确的查询气象数据, 为气象预测打好基础<sup>[3]</sup>, 提出了一种基于数据自动查询的网络环境下气象数据查询系统设计方法。气象查询系统分为上位机与下位机, 上位机采用 CAN 芯片与下位机的各个气象查询节点接洽, 下位机都是独立的自动查询气象数据的查询点, 主要对温度、湿度、气压、风速风向四大气象要素进行查询。

所提方法中所使用的触发器是 Visala 公司生产的 DML 触发器对气压的数据进行查询、热式风速风向是高动态性能测风触发器查询风向风速相关数据。触发器的作用有很多, 只要为在某种触发下进行数据查询, 在数据表生成之前, 强制转换数据, 当触发器发生错误操作时, 该动作能够被自动撤销, 也可以根据情况的不同对异动指令继续替换, 这使得触发器在应用中, 系统稳定性较高。温湿度动态触发器的输出的模拟量过大, 需要通过电压/频率转换芯片 LM331 进行转换, 转换成 S3C2440A 单片机可处理的数字量。将查询到的 4 大气象要素的数据输入到 S3C2440A 单片机中进行处理。该系统解决气象

数据查询误差大的问题, 引起许多气象专家的重视, 由于气象数据查询对气象预测有着重要的影响, 因此成为了业内人士研究的热点, 同时也取得了一定的成果<sup>[4-6]</sup>。

现有的气象数据查询系统有: 文献 [7] 提出了基于 ARM (Advanced RISC Machines) 嵌入式处理器的网络环境下气象数据查询系统的设计方法。结合软、硬件技术, 达成气象数据查询, 展示出 ARM 嵌入式处理器在网络环境下气象数据查询系统中的应用优势。同步使用 ARM 嵌入式处理器和 CF (Compact Flash) 卡存储技术、USB2.0 (Universal Serial Bus2.0) 技术。该系统的气象数据查询速度较快。但此系统气象数据查询器的通信方式单一、储存方式固定、软件设计复杂等缺点。文献 [8] 提出了一种基于嵌入式的网络环境下气象数据查询系统的设计方法, 搭建气象查询系统的总系统, 采用微处理器的 USB 接口芯片 (AT43USB370) 自动查询气象数据, 修改了嵌入式部分系统的代码, 达到微处理器 USB 接口芯片 (AT43USB370) 的要求, 且对气象数据队列的优先级进行设置, 将 IT 公司给出的 4 种气象数据查询编程输入到气象数据查询系统中, 并建立一套简单的文件夹。该系统发挥了 USB 芯片 (AT43USB370) 智能、节省资源的优点, 但该系统并不是一个经济实用的气象数据查询方法。文献 [9] 提出了一种基于 MSP430 单片机的网络环境下气象数据查询系统的设计方法。采用 MSP430 系列单片机核心器件组成主从式的多处理器系统, 整个系统分为 4 个模块, 即管理模块、模拟量模块、数字量模块和通信模块, 在利用 MSP430F449 元器件对气象数据实时查询提取, 以 MMC 卡储存气象数据, 再通过 RS-485、RS-232 等通信接口进行气象数据的传输。该方法

收稿日期: 2017-04-14; 修回日期: 2017-04-26。

作者简介: 朱雪峰(1980-), 男, 陕西榆林人, 工程师, 主要从事气象装备与信息网络的管理与维护方向的研究。

保证了气象数据查询的效率和可靠性, 但该方法就有一定的区域性, 无法大面积推展使用。

针对上述产生的问题, 提出一种基于数据自动查询的网络环境下气象数据查询系统设计方法。仿真实验证明, 所提方法能够方便、快捷、准确地查询气象数据信息。

## 1 网络环境下气象数据查询系统设计

### 1.1 网络环境下气象数据查询系统硬件设计

网络环境下气象数据查询系统的硬件部分利用 CAN 芯片对气象数据进行自动查询, 气象数据查询系统由上位机和下位机组成, 上位机采用传统的计算机, 在传统的计算机上开发相应的气象数据查询软件较为方便, 传统计算机使用 CAN 芯片与下位机各个气象查询节点接洽, 接收下位机各个节点查询的气象数据, 每个查询结点都是独立、自动的气象数据查询结点。系统功能构架如图 1 所示。

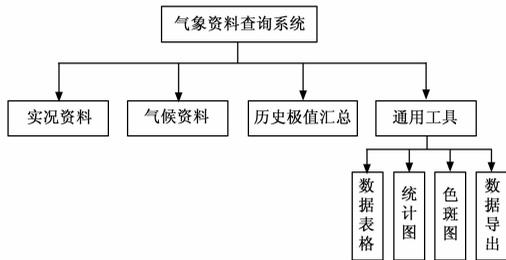


图 1 气象查询系统功能构架图

下位机的查询结点以三星公司生产的 S3C2440A 单片机为主控制器, S3C2440A 型号单片机是三星公司推出的一款 32 位的混合信号处理器, 具有超低功耗的优点, 下位机的工作电压范围为 1.8~3.6 V, 在不同模式的工作电流有细小差别, 一般在 0.1~400  $\mu$ A 范围内, 因此可用电池供电。S3C2440A 单片机有 6×8 个 I/O 端口, 可以在线对 S3C2440A 单片机进行编程。该单片机内设有 112 的电压/频率转换芯片 LM331, 可以将查询的气象数据制动保存及自动扫描的特点。气象数据查询主要对温度、湿度、气压、风速风向四大要素进行查询。

所使用的触发器是 Visala 公司生产的 DML 触发器对气压的数据进行查询、热式风速风向是高动态性能测风触发器查询风向风速相关数据。温湿度动态触发器的输出的模拟量过大, 需要通过电压/频率转换芯片 LM331 进行转换, 转换成 S3C2440A 单片机可处理的数字量, 查询到的气压数据是以 RS485 传输, 所以集成 DML 触发器与 S3C2440A 单片机之间要有 RS485 数据接口, 热式风速风向的输出是数字量, S3C2440A 单片机可直接进行处理。查询节点将扩展 LCD 显示电路, 将查询气象数据的时间以及要素值直接显示出来。DML 触发器、热式风速风向触发器将查询到的气象数据传输到 S3C2440A 单片机中进行处理, 再由通信的数据接口传输到上位机的传统计算机内。

### 1.2 网络环境下气象数据查询系统软件设计

#### 1.2.1 气象数据查询系统温度查询软件设计

气象数据在同一区域内不同的查询点温度存在差异, 只在一个点查询的温度数据是不准确的, 因此, 为了更加准确、全面、真实地反应温度数据, 需要在不同的温度数据查询点进行温度数据查询。各个温度查询点将查询到的温度数据传输到下

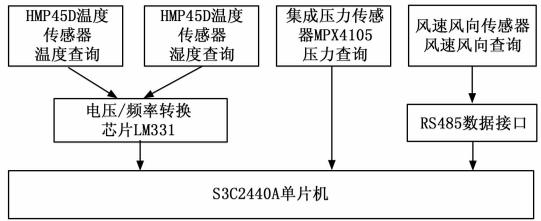


图 2 查询点流程图

位机上, 再利用多信息融合技术对查询的温度数据进行处理, 处理后的温度数据信息上传到上位机, 该软件主要完成  $Pt100$  温度计算。温度数据传输的过程中有一定的冗余, 为了提高温度测量的准确性、可靠性, 在信息融合时将冗余数据恰当地融合到温度数据中, 假设第  $m$  个温度查询点查询的温度值是  $t_m$ , 第  $n$  个温度查询点查询的温度值是  $t_n$ ,  $t_m \sim t_n$  间的偏差用相融距离测度  $d_{mn}$  来反映:

$$d_{mn} = \left| \operatorname{erf} \left( \frac{t_n - t_m}{\sqrt{2}\sigma_m} \right) \right| \quad (1)$$

式中,  $\sigma_m$  是  $t_m$  的温度数据的均方差;  $\operatorname{erf}$  为温度数据误差函数。若  $d_{mn}$  值越小, 则说明它们查询的温度值越接近。由  $d_{mn}$  得到数据融合度矩阵为:

$$D_3 = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{pmatrix} \quad (2)$$

设定  $d_{mn}$  的温度数据的有界限值  $\beta = 0.1$ , 而后利用规则  $r_{mn}$ , 得到多个温度查询点的气象数据相融矩阵  $R_3$ :

$$r_{mn} = \begin{cases} 1, & d_{mn} < \beta; \\ 0, & d_{mn} \geq \beta; \end{cases} \quad (3)$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (4)$$

即用气象数据定量化表示矩阵  $D_3$  上各个气象元素间的关系。如果  $r_{mn} = 0$ , 则表示  $m, n$  两个温度查询点的数据相融性较差, 认为这两个温度数据已不可相融合; 如果  $r_{mn} = 1$ , 则表示  $m, n$  两个温度查询点的数据相融性较好, 认为这两个温度数据可以相融合。若一个温度查询点的数据只跟少数温度查询点的数据相融性好, 则该温度查询点查询的数据视为无效。

在多个温度查询点查询到的数据中, 若有  $L$  个温度查询点查询的数据有效, 利用这  $L$  个温度数据求得查询温度的准确值。最佳融合数据  $S$  得到的测量结果比算术平均值测量结果更接近被测量真实值。

$$S = \frac{\sum_{k=1}^L \frac{S_k}{Q_k^2} + \frac{S_o}{Q_o^2}}{\sum_{k=1}^L \frac{1}{Q_k^2} + \frac{1}{Q_o^2}} \quad (5)$$

式中,  $S$  为最佳融合数据,  $S_o$  是  $L$  个温度查询点的数据值的均值,  $S_k$  是第  $k$  个温度查询点的数据值;  $Q_o$  是  $L$  个温度查询点的温度数据值的标准偏差;  $Q_k$  是第  $k$  个温度查询点的温度数据值的标准偏差。

气象数据温度查询系统如图 3 所示。

#### 1.2.2 湿度数据查询系统气压查询软件设计

由于温度与湿度都是同一 DML 触发器进行数据查询, 因

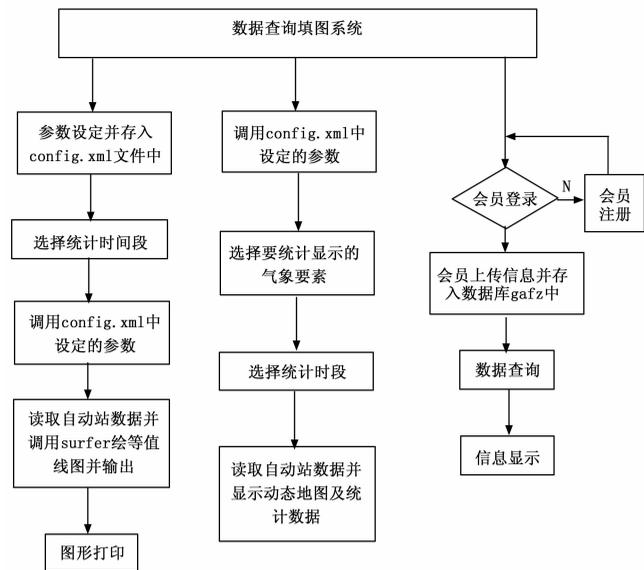


图 3 气象数据温度查询系统

此湿度与温度查询方法相同, 都查询到的数据传输到下位机融合后传到上位机。该软件主要完成 HS1101 湿度计算。采用 C51 语言, 在 keil4 编译器上调试编译通过。函数 *Void calculate()* 根据电压/频率转换芯片 LM331 转换后的数字量计算出湿度值即:

$$float = 0 \quad (6)$$

$$voltage = K \times f(^\circ C) \quad (7)$$

$$Voltage = 3000 \quad (8)$$

$$x = (Voltage / 25.8) + 272.727 \quad (9)$$

$$rpt = \frac{1000 \times x}{3000 - x} \quad (10)$$

利用公式 (11) 计算出 *rpt* 阻值:

$$y = sprt \left[ AA + \left( \frac{-2.32078 \times rpt}{100} + 2.32078 \right) \right] \quad (11)$$

HS1101 湿度计算公式:

$$\omega = (y - A) \times \frac{1000}{-1.16093} \quad (12)$$

其中: *rpt* 表示其性能测试结果。

### 1.2.3 气象数据查询系统气压查询软件设计

查询气压数据采用集成压力 DML 触发器。在集成 DML 触发器的选择过程中, 综合气压数据查询范围、气压数据查询精度考虑, 将利用 Motorola 公司的集成 DML 触发器进行气压数据查询。

因为 DML 触发器输出的是模拟电压, 所以需要利用电压/频率转换芯片 LM331 将模拟量换成数字量才能被 S3C2440A 单片机处理, 使用传统的 A/D 转换电路, 电路过于复杂, 而且会降低输出结果的精度, 也使成本升高。电压/频率转换芯片 LM331 直接将集成 DML 触发器输出的模拟电压转换成脉冲, 再通过 S3C2440A 单片机的引脚进行捕获。集成 DML 触发器将气压转换成模拟电压从 VOUT 引脚输出到电压/频率转换芯片 LM331 的电压输入端, LM331 再将此电压转换成相应的频率通过输出引脚 FO 输出到 S3C2440A 单片机的引脚 P3.5。S3C2440A 单片机的引脚 P3.5 作为第二功能使用时是定时/计数器 T1 的外部脉冲计数的输入引脚下面说明电压/频

率转换芯片 LM331 输出频率与被查询气压数据的数学关系:

DML 触发器将被查询气压数据转化为电压输出  $V_{out}$ 。根据集成 DML 触发器查询的气压数据,  $V_{out}$  与被测气压  $P$  的关系为:

$$V_{out} = V_{cc} \cdot (0.01P - 0.09) \quad (13)$$

其中:  $V_{cc}$  为 +5 V。电压/频率转换芯片 LM331 将转换为输出  $V_{out}$  脉冲 FO。FO 的频率  $f$  与  $V_{out}$  关系为:

$$f = K \cdot V_{out} \quad (14)$$

其中:  $K$  是转换系数, 由电压/频率转换芯片 LM331 外接的电阻和电容的值决定:

$$K = \frac{R_2}{2.09R_1R_iC_i} \quad (15)$$

在本设计中通过设定电阻和电容的值, 确定  $K$  为 2000。由式 (14) 和式 (15) 计算得气压:

$$p = 0.01f + 9(kpa) \quad (16)$$

### 1.2.4 气象数据查询系统风向风速查询软件设计

查询风速风向数据系统以模块化结构形式设计, 该系统主要以风向风速数据查询功能, 分为 4 个部分: 1) 实况资料的查询: 可查询统计地面和高空的观测资料, 以地图或者表格的方式展示, 按用户定义等级用不同颜色显示, 可导出另存为本地文件, 可叠加等值线色阶图。

2) 气候资料的查询: 可通过文本名称、文件内容、关键字、文件大小、文件时间、作者等查询出相关资料, 并提供在线阅读和下载功能。

3) 历史极值的汇总查询: 可按自定义站点、区域、要素、时间、统计方式等查询出历史气象数据, 以地图或者表格的方式展示, 按用户定义等级用不同颜色显示, 可导出另存为本地文件, 可叠加等值线色阶图。

4) 通用工具: 包括数据表格通用控件、统计图通用控件、色斑图通用算法、数据导出通用模块。

查询风速风向数据通过热式风速风向 DML 触发器进行查询时, 中心温度比周围的温度高, 当风吹过热式风速风向触发器表面时, 会对热式风速风向触发器表面不均匀冷却, 使得热式风速风向触发器上下游形成温度阶梯。对比热式风速风向触发器中心对称点的温差, 已达到测量风速的目的。热式风速风向 DML 触发器使用多晶硅加热元作为测温元件。通过测量中心温度水平和垂直方向上的对称温度差  $T_x$  和  $T_y$  来得到风速风向信息。其查询风向风速原理为 King 氏原理:

$$V_{12} = N_a \Delta T \sqrt{V} \cos \Phi \quad (17)$$

$$V_{34} = N_a \Delta T \sqrt{V} \sin \Phi \quad (18)$$

其中:  $V_{12}$  为水平方向风速,  $V_{34}$  为垂直方向风速,  $T$  为测温元件上温度高于环境温度值, 为热电偶的赛贝尔系数,  $N$  为组成热电偶的串联热电偶数,  $\Phi$  为风向角。

$$V = \sqrt{V_{12}^2 + V_{34}^2} \quad (19)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \left( \frac{V_{34}}{V_{12}} \right) \quad (20)$$

热式风速风向触发器查询原理简单, 具有灵敏度高, 易于操作的优点, 该触发器在一些比较恶劣的环境无法正常工作, 如处于雨雪、沙尘等恶劣环境。

## 2 仿真实验结果与分析

为了测试该气象数据查询系统的性能, 在榆树市气象台进

行仿真实验与分析。以三台同样配置的计算机系统进行实验，该系统使用硬件信息：CPU，Intel E5200，2.50 GHz；主存，2 G；磁盘：Hitachi 300G，SCSI 接口；交换机：百兆交换机；软件：操作系统，Ubuntu Linux Desktop 11.10。

实验中的数据均来源于实际环境下收集的气象数据，共有 3568124 条气象数据文件，气象数据文件的大小为 498 MB，将收集到的气象数据分成大小基本相同的 15 份文件，平均分配到三台计算机上进行实验，即每台计算机收集 5 个大小约为 150 MB 的气象数据文件，运行计算机计算数据查询结果。

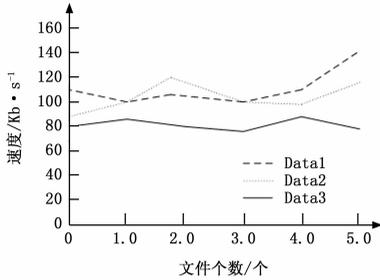


图 4 优化前个计算机收集气象数据性能

从图 4 中可以看出，计算机的收集平均速度为 120 KB/s。在后续的实验中可以看出，S3C2440A 单片机在进行数据自动储存时，对气象收集系统的性能有较大影响。因此将设立 HBase 数据库，保存气象数据。该 HBase 数据库有两大优点：一方面是气象数据表的预分割，使影响气象收集系统性能的数据尽量分散在不同机器；另一方面禁止使用预写式日志 (WAL)，为了更快更准确地保存气象数据信息。从下面三个图中可以看到优化后气象数查询系统各计算机的性能比较。

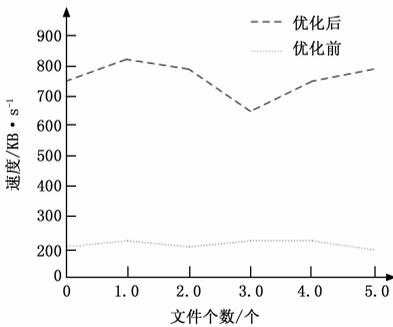


图 5 Data1 优化前后性能比较

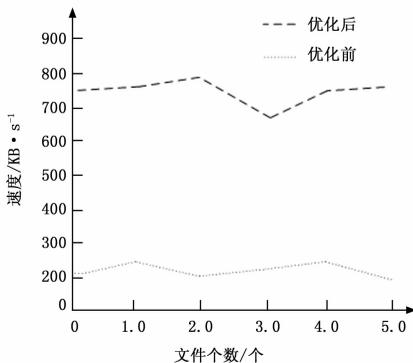


图 6 Data2 优化前后性能比较

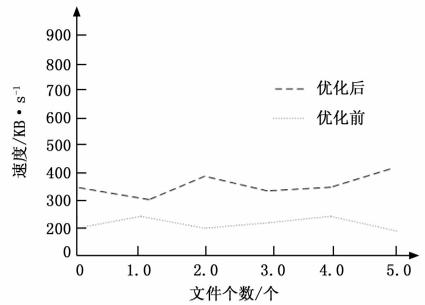


图 7 Data3 优化前后性能比较

通过图 6 可以明显看出，优化后系统性能得到大幅度改善。经过优化的气象数据查询系统，气象数据查询系统的数据查询速度得到了明显的提升，最多能提高到原来气象数查询系统查询数据速度的 7 倍多，最少也能提升近 3 倍。各个气象数据查询系统的平均查询数据速度分别是 815.24 KB/s、579.24 KB/s、381.24 KB/s，系统各机器的平均速度是 590 KB/s，而系统总处理平均速度为 1 573 KB/s。400 多万条总大小为 390 MB 左右的数据只需要 6 min 左右即可查询完毕。该系统的气象数据查询速度已经达到设计要求。

#### 4 结束语

针对网络环境下气象数据查询系统研究，提出一种基于数据自动查询的网络环境下气象数据查询系统设计方法。实验仿真证明，所提气象数据查询系统设计方法能够方便、快捷、准确地查询气象数据信息。

#### 参考文献：

- [1] 李 宁，冯利平，白 蕊，等. 自动气象站气象信息实时显示查询系统设计与实现 [J]. 农业网络信息，2015，23 (7)：30-35.
- [2] 何耀龙，施 禹，宣冬舒. 自动气象站建设的供电与网络环境设计 [J]. 科技创新与应用，2015，34 (28)：60-60.
- [3] 刘俊宏，裴 翀，卢会国，等. 温室大棚气象环境监测网络系统设计 [J]. 农学学报，2014，4 (5)：90-95.
- [4] 李 闯，屈 雅. 基于 C/S 结构的气象服务系统设计与开发 [J]. 电子设计工程，2016，24 (8)：61-63.
- [5] 韩 笑，王 力，王吉滨，等. 一种地市级气象数据库的设计与应用 [J]. 气象科技，2015，43 (6)：1053-1059.
- [6] 刘 彬，李晓鹏. 基于 Silverlight 的气象信息查询系统设计与应用 [J]. 气象科技，2016，44 (3)：369-373.
- [7] 谷士鹏，刘 明，支高飞. 不同机载测试网络环境对 IEEE1588 时钟同步系统性能的影响分析 [J]. 计算机测量与控制，2016，24 (5)：25-27.
- [8] 司丽丽，黄 鹤，闫 峰，等. 基于 GIS 的市级现代农业气象服务系统研究 [J]. 河北农业大学学报，2014，37 (4)：126-131.
- [9] 周晓倩，马孝义，陈 磊，等. 一种气象数据监测系统的设计 [J]. 电子技术应用，2014，40 (5)：136-139.
- [10] 杨昌达，张锦勇，顾 衡，等. 县级综合气象业务智能供电系统的设计及应用 [J]. 气象科技，2016，44 (6)：918-922.
- [11] 吴玉川，胡德凤. 常用气象资料查询系统的设计与实现 [J]. 科技传播，2016 (19).
- [12] 李永超，刘卫华，孙悦程，等. 大连气象灾情查询系统的设计 [J]. 现代农业科技，2016 (17)：215-215.
- [13] 胡继荣. 气象雷达数据的传输方式和算法的基本研究 [J]. 电子设计工程，2016，24 (4)：125-127.