

袁佰顺,朱拥军,李晓鹤,等. 基于 ORACLE 的陇东南区域自动气象站数据库设计及应用[J]. 干旱气象,2014,32(3):475-480, [YUAN Baishun, ZHU Yongjun, LI Xiaohu, et al. Design and Application of Regional Automatic Meteorological Station Database in Southeast of Gansu Based on ORACLE[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(3):475-480], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0475

基于 ORACLE 的陇东南区域自动气象站 数据库设计及应用

袁佰顺¹,朱拥军¹,李晓鹤^{1,2},汪鸿滨¹,陈薇¹

(1. 甘肃省天水市气象局,甘肃 天水 741000;2. 甘肃省天水市人工影响天气办公室,甘肃 天水 741000)

摘要:区域气象自动站的建立,提高了防灾减灾及突发灾害性天气的监测预警能力。随着站点建设规模的快速扩展,数据处理量成倍增多,对数据库系统的存储处理提出了更高的要求。ORACLE 数据库在处理海量数据方面,性能优异、可伸缩性强。以 ORACLE 10G 作为核心数据库,设计、建立了基于 ORACLE 的陇东南区域自动气象站数据库与应用系统。经过试用表明,该数据库能够很好地满足区域自动气象站数据实时访问和检索需求,提高了数据应用效率,实现了陇东南和周边部分地区近千个站点的资料自动入库、存储和查询检索。本文对数据库设计、SQL 语句查询优化原则、ORACLE 数据服务器和客户端的连接配置等方面做了重点介绍。

关键词:区域自动气象站;实时资料;ORACLE;系统应用

文章编号:1006-7639(2014)-03-0475-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0475

中图分类号:P49

文献标识码:A

引言

近年来,伴随全球气候变化的日益明显,局地强对流灾害性天气和山洪地质灾害事件频发,为了加强中小尺度天气系统监测、预测、预警能力,建立局地灾害性天气监测和预警的应急联动机制,提高突发极端天气的应急保障和气象服务能力,全国各省市气象局加快建设区域加密自动气象站,组网建设了覆盖几乎所有乡镇和大部分大中型水库、主要旅游景点和防汛关键地域的高密度区域气象观测站网。截止目前,中国气象局已经建成了总数达 33 000 余套的省级台站区域自动气象站观测网^[1],其中甘肃省已建成并列入业务考核的就有 1 760 余套,并计划在未来 3~5 a 内要进一步加大乡镇及以下山洪泥石流多发地带区域自动气象站的建设力度和针对性,以满足局地气象服务的需求。大量观测站点的建立给数据资料处理提出了更高的要求。随着建设规模和数据量的不断增大,数据环境复杂化的增强,如何实时高效地处理、存储实时数据,以及

如何快速响应用户应用请求,对数据库系统的存储和设计提出了更高的要求。

在区域自动气象站数据应用方面,目前运行的业务系统方案多数不能有效解决数据实时查询和历史资料检索之间的矛盾^[2-15]。以甘肃省为例,目前,甘肃省气象局信息中心使用 Microsoft SQL Server 2005 数据库存储甘肃省和部分周边省份区域自动气象站共计 4 800 多个站点的实时数据,每天仅正点上传数据就有 11.5 万多条记录,如按 10 min 或 30 min 加密上传资料,数据量将更大。这些观测数据的实时性好,空间密度大,应用范围广,使用频率高,在气象预警、预报验证以及决策服务等方面提供了较高的实时数据访问,发挥了重要的作用,但限于存储和访问能力,目前数据库仅保存约 1 个月的数据集。中国气象局通过 CMA Cast 广播下发的 MICAPS 资料库中虽然也有加密区域自动站数据文件,但其资料的存储和访问实时性不如数据库,也不支持历史资料的快速检索。

ORACLE 是目前广泛使用的企业级大型数据库

收稿日期:2013-07-25;改回日期:2013-11-18

基金项目:甘肃省气象局科研项目“甘肃省短临监测诊断预警预报平台”(2012-02)、“市州气象频道气象信息服务平台建设”(2012-20)共同资助

作者简介:袁佰顺(1964-),男,甘肃天水人,高级工程师,主要从事应用气象研究工作. E-mail: tsybs@126.com

管理系统,在处理海量数据方面,ORACLE 性能稳定、安全、可伸缩性强^[16],它可以构造从小型的单用户到支持若干并发用户的大中型应用项目。因此,我们选用 ORACLE 10G 作为核心数据库,设计实现了基于 ORACLE 的陇东南区域自动气象站数据库系统。经过在天水市气象局试用表明,能够很好地满足日益增多的区域自动气象站数据实时访问和检索需求,提高了数据应用效率,为短临预报系统、精细化预报平台、常规气象服务等方面提供了有力支持。

1 总体设计

1.1 总体分析

在天气预报和气象预警、防灾减灾等工作中,对区域自动气象站数据的访问实时性要求很高,常常要求数据库能够在极短的时间内做出正确响应。当数据量不是很大时,这一点容易保证,但当数据量达到一定规模并且仍然不断增长时,数据库整体性能

会明显下降。以天水市气象局使用的 SQL Server 数据库为例,随着近 2 a 区域自动气象站和单雨量站点建设数量的猛增,特别是设置 10 min 加密观测后,数据库访问的响应速度大大降低。因此,为了优化数据库性能,缩短数据检索和统计的响应时间,选用了性能优异的 ORACLE 数据库来存储处理本地和陇东南等周边地区的区域自动气象站数据资料。

1.2 资料数据流程

资料数据来源,分为以下 3 部分:①本地区域自动气象站资料,从市局区域气象站中心站上获取;②本地自动站资料,从市局原有的 SQL Server 数据库中获取;③陇东南等周边区域自动气象站的资料,从省局 SQL Server 数据服务器中获取。系统定时地调取上游定西、临夏、甘南、陇南、陇东,以及陕西西部、四川北部的部分站点资料,以上资料通过优化的 SQL 查询语句由后台入库程序实现资料的自动入库和自动维护。数据处理流程如图 1 所示。

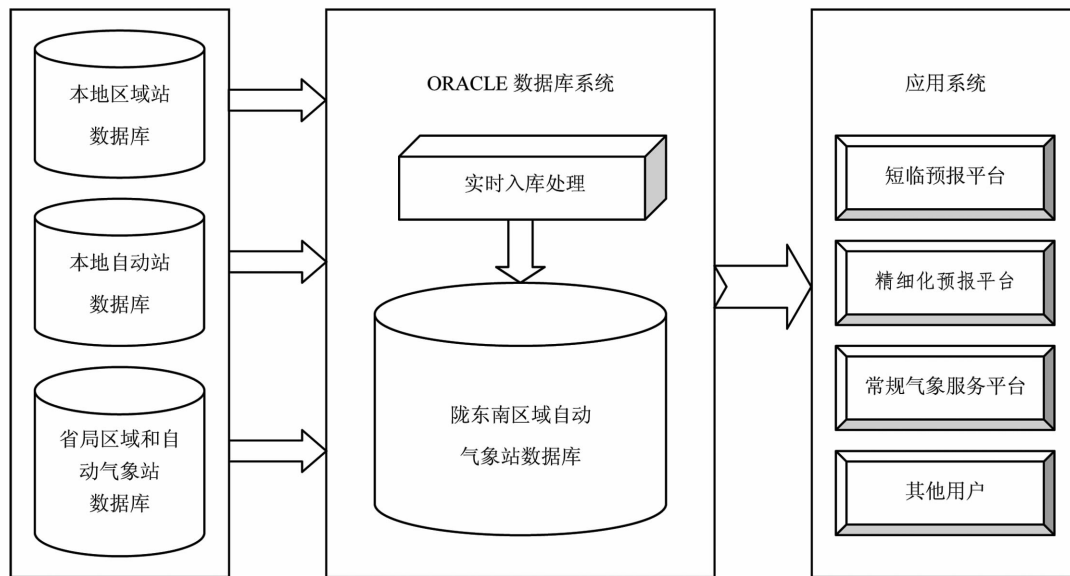


图 1 陇东南区域自动气象站数据库资料流程

Fig. 1 Data process of the regional automatic weather station database in Southeast Gansu

2 数据库设计和优化

根据区域自动气象站数据库的特点,一般都设计有站点信息表、自动站正点数据表、加密数据表、基本信息表等。其中站点信息和基本信息表数据量不大,容易实现。重点的核心大表为正点数据表和加密数据表,数据量很大,并且数据在不断地自动增长,相关业务操作和应用都是围绕着这 2 个大表进行的,其性能直接影响整个数据库系统的运行性能。为此,重点考虑这 2 个表

的逻辑结构和物理结构的优化设计,同时,优化大表查询规则和查询策略,使之在满足需求的前提下,系统性能达到最佳状态。

2.1 核心大表设计

正点数据表和加密数据表定义有 54 个字段,包括:观测时间、站号、雨量、气温等,基本包含了观测的所有要素值。基于对 ORACLE 的测试试验,如果没有建立索引,需要对全表进行扫描,查询检索的时间将会很慢,效率低下。但是,随着数据量的增长,维护过多的索引也将影响服务器的性能。为此,将

观测时间和站号作为联合主键设为唯一字段索引 IX_DATE_STATION。

2.2 数据库性能优化

随着数据库规模的扩大,用户数量的增多,数据库应用系统的响应速度下降,性能问题越来越突出。为了改善系统性能,一般可以从多个方面入手,如提高计算机硬件设备及网络设备的档次、提高网络带宽以提高其响应速度等。但这只是阶段性的,且成本较高,难以达到提高系统整体运行效率和性能的目的。ORACLE 数据库是一个复杂且可调性强的软件产品,数据库系统的性能提升不仅有赖于数据库本身的优化,还需要通过查询优化,如 CBO 优化^[17-18]、SQL 语句解析优化等来进行。在 CBO 优化模式下,可以使用 optimizer mode 参数^[19]控制优化模式。气象部门的预报等业务应用中,应用系统的需求往往是返回某时次或某时间段所有站点的记录,基于此要求,系统保持采用 ALL_ROWS 模式^[20]。ALL_ROWS 模式的使用场景为,给出一种尽快得到全部记录的执行计划,目标是增加系统的吞吐量。

查询操作在数据库操作中所占比重最大,应用程序的优化重点在 SQL 语句的优化。SQL 语句通常消耗了 70%~90% 的数据库资源,对数据库系统的性能影响很大。为此,在系统后台入库程序和终端应用程序的设计中采用了以下的查询优化原则^[21]:

(1)应尽量避免全表扫描,首先考虑在 Where 及 order by 语句中使用索引中的字段;

(2)任何地方都不要使用 select * from [table],用具体的字段列表代替“*”,不要返回用不到的任何字段;

(3)每个 SQL 语句执行前都应测试 ORACLE 执行计划情况,调整其尽可能使用索引访问;

(4)使用绑定变量,尽量减少 SQL 语句硬解析;

(5)尽量避免大事务操作,提高系统并发能力;

(6)尽量不要写过于复杂的嵌套查询,当确实需要的时候,后面的子查询数量应为较大的数据。

通过以上的各项优化措施,使应用程序的查询速度有了非常明显的提升。例如,查询所有站 2013-06-08 12:00 的温度和小时雨量值:

```
SELECT t. StationNum, t. DryBulTemp, t. Precipitation FROM tabTimeData t WHERE t. observtimes = 201306031200 ORDER BY StationNum
```

数据库返回 968 条记录,耗时仅 0.632 s。

3 ORACLE 数据库服务器和客户端连接的配置方法

ORACLE 数据库系统功能强大,但同时由于客户端与服务器端的通信,使得系统配置有一定的复杂性。系统使用时要从客户端和服务器 2 方面来配置。

3.1 服务器端的配置

服务器端采用 Windows 2003 Server 操作系统,安装 ORACLE 10G 数据库。

当客户端和服务器位于同一台机器时,可以有网络通信和进程(IPC)通信 2 种方式^[22]。当客户端和服务器位于不同机器时,只有网络通信一种方式。在此,只介绍网络通信方式下的配置方法。

在网络通信方式下,服务器端需要通过监听器来为数据库监听连接请求。监听器实际上是一个进程,它代表数据库监听有哪些客户端应用需要与数据库建立连接。要使监听器能正常工作,在启动之前必须先配置监听器文件。监听器文件名为 listener.ora,它必须和监听器在同一台机器上,在 Windows 平台下,该文件位于缺省的“D:\oracle\product\10.2.0\db_1\NETWORK\ADMIN”目录下,需要对其监听器名、监听器地址、监听的数据库这几项参数进行配置。

(1)监听器名:配置监听器文件时要首先指定监听器的名字,可以随意起,但要保证名字的唯一性。

(2)监听器地址:配置监听器地址需要制定监听器监听的连接所使用的协议、监听的数据库主机名以及监听的端口号。连接协议(PROTOCOL)视客户端和服务器之间连接方式的不同可设为 TCP 或 TCPS 等。监听的数据库主机名(HOST)可以是主机名也可以是 IP 地址。监听的端口号(PORT)必须与客户端的本地命名文件(tnsnames.ora)保持一致。ORACLE 默认的连接类型是 TCP,端口号是 1521。如果使用默认端口号,则对于监听器的配置只需要配置监听器文件。否则,除了配置监听器文件外,还需要在服务器端的 ORACLE 参数文件 PFILE 中定义本地监听器名(对应参数为 local_listener),监听器名与监听器文件中的配置要保持一致。同时,还要使客户端配置文件(tnsnames.ora)中的监听器名、使用协议、数据库所在的主机名、监听端口等与监听器配置文件中的保持一致。

(3)监听器所监听的数据库:需要指定数据库的实例名(SID_NAME)、ORACLE 服务器的主目录

(ORACLE_HOME),以便监听器能够找到数据库所在的位置。数据库实例名在 ORACLE 的初始化文件的实例名参数(instance_name)中定义。ORACLE 的服务主目录在 Windows 操作系统的配置文件中定义。

一个监听器可以监听一台机器上的多个数据库。要监听多个数据库,就要对每个数据库的实例名和它所对应的服务主目录依次分别配置。

3.2 客户端配置

客户端的配置主要是对连接描述符的定义。ORACLE 对这些配置称之为命名方法。命名方法有本地命名、主机命名、目录命名等^[23]。在这里采用最常用的本地命名方法。本地命名方法是通过配置客户端访问方式文件(sqlnet.ora)和本地命名配置文件(tnsnames.ora)来连接数据库的。这2个文件都位于缺省的“D:\oracle\product\10.2.0\db_1\NETWORK\ADMIN”目录下。

(1)配置访问方式文件(sqlnet.ora):访问方式文件指明客户端以何种命名方法连接数据库。该文件的目录路径参数(NAMES_DIRECTORY_PATH)控制 ORACLE 网络服务采用哪种命名方法作连接描述符连接数据库。在访问方式文件中指明是以本地命名方法(TNSNAMES)。

(2)配置本地命名文件(tnsnames.ora):用来存储网络服务名、数据库地址、数据库服务名、网络访问协议、端口号等信息。一旦定义好后,客户端登陆数据库的连接符必须与该参数一致。访问的数据库地址、访问协议(PROTOCOL)、数据库主机名(HOST,也可为IP地址)、访问端口(PORT)等要与前面配置的监听器文件保持一致。数据库服务名(SERVICE_NAME)必须与 ORACLE 初始化参数文件中定义的服务名保持一致。

配置完成后,就可以通过数据库账户名和口令连接描述符连接到 ORACLE 数据库。

4 业务应用

VB 具有强大的数据库管理功能,可通过直接访问或建立连接的方式使用并操作后台大型网络数据库^[24],并提供了简单的面向对象的库操作指令和多用户数据库访问的加锁机制。因此,选择 VB6.0 作为开发平台,开发了基于 ORACLE 数据库的区域气象站资料应用软件。

4.1 资料实时入库程序

整个数据库的资料自动入库和管理维护、资料的完整性检查、用户及权限管理等,都通过在服务器

上后台运行的实时入库程序来处理。在设定的时间(一般在正点后5~15 min内),入库程序定时调用不同服务器上的数据,并将数据插入到本数据库的核心大表中。由于入库程序在设定的时段,集中处理的数据量大,所以,采用多线程编程技术,以提高数据处理的速度。程序中设置了较为全面的纠错功能和错误陷阱处理程序,加入了一些智能检测和判断功能,遇网络故障、系统死机等不正常情况,均能自动判断处理^[25]。程序启动时,会自动记录启动时间,遇网络中断、系统死机或重启等不正常情况时,会自动检测未入库资料,及时将最新资料追加到数据库中,并将运行情况写入系统日志,从而保持数据库的自动更新。

4.2 终端应用软件

采用 C/S 方式读取服务器上 ORACLE 数据库中的数据,经过分类检索、查询、统计,以图形、数字、表格等方式输出各类气象资料信息^[26],供用户使用。界面直观、简洁,结果可以任意导出为 Word、Excel、Micaps 等格式。

系统具有实时资料监测、单站和多站正点或加密资料查询、单站任意时段资料查询、多站资料统计汇总、区域站采集器时差和电压监测等功能。

4.2.1 实时资料监测

以市(州)为单位,用图形方式显示各测站正点或加密观测的实时资料。具有雨量显示门限过滤、雨量超限闪烁报警、屏幕图像局部放大、叠加显示地形图等功能,数据自动实时刷新。并可自动绘制输出气温或降水的实况分布 Surfer 图形。

软件中已经集成了甘肃省各市(州)的行政区划地图,可通过软件的“系统设置”选项,改变不同的市(州)选定。

4.2.2 单站和多站正点资料查询

单站查询输出选定站点和日期的逐时次正点资料,该站点的日、月、年统计的降水量累计值、气温最高、最低值和出现时间。

多站查询以县(区)为单位,输出各站点逐要素的正点资料,最高、最低值,采集器电压值等数据。

2种方式均以列表、曲线、直方图方式显示结果,并可导出到 Word 文档、Excel 电子表格或保存为 Micaps 数据格式。

4.2.3 多站资料统计汇总

以市(州)为单位,列表输出各站点任意时段的累计降水量、气温变温或者平均气温。查询结果可自动绘制为 Surfer 图形输出,或导出为其它格式。

4.2.4 加密观测资料统计

分别以单站和多站方式查询选定站点的加密观测资料。

4.2.5 系统设置

通过“系统设置”功能可方便地设置服务器名、用户名、登录口令、数据库名,采集器时差和电压的报警门限,以及生成 Surfer 图形和 Miacaps 产品文件的存放路径等参数。软件具有通用性,便于移植推广。

5 结 语

(1)基于 ORACLE 的陇东南区域自动站数据库系统,实现了陇东南和周边部分地区近千个站点的资料自动入库、存储和查询检索,扩展了市县短临天气预报平台和气象服务对实时气象资料的共享程度,为预报业务和科研提供了较好的数据支持。

(2)目前,限于服务器硬件结构等因素,数据库只进行了 SQL 查询优化、ORACLE 内存分配与调整、索引的创建等调优措施。随着数据量的不断加大,可以进一步进行硬件升级和 ORACLE 分区数据存放设计,调整 init.ora 参数来提高数据查询命中率,减少数据库系统的资源消耗和用户等待时间,进一步提升数据库系统的性能。

(3)核心大表仅存储了区域自动气象站的原始资料。对于一些比较复杂的统计计算,后续可以进一步改进后台自动入库,定时地从原始大表中提取数据,对原始资料进行二次加工处理、统计,生成旬月年的统计结果,供应用程序查询调取,这样可以大大提高统计效率,有效地降低数据库服务器的负载负担。

(4)ORACLE 数据库系统功能强大但系统配置具有一定的复杂性。本文介绍了最常用的网络通信方式下服务器的配置和本地命名方式下客户端的连接配置方法。同时,使用 ORACLE 数据库开发了资料综合应用软件,为甘肃省各地进一步开发和应用区域气象站观测资料提供了有益的借鉴和尝试。

参考文献:

- [1] 李燕,李峰,赵志强,等. 中国区域自动气象站运行监控系统建设[J]. 气象科技,2013,41(2):231-233.
- [2] 于成国,李永花,赵冰燕,等. 青海省生态环境监测信息编报与数据库管理系统[J]. 气象,2004,30(9):54-57.
- [3] 宋仁锋,李震. 市级区域气象观测站信息中心应用系统[J]. 气

象与环境学报,2008,24(5):52-54.

- [4] 沙莎,邱新法,何永健. 基于 GIS 的自动气象站数据系统的研发[J]. 干旱气象,2011,29(3):372-376.
- [5] 张凯,郭锐,王润元,等. 西北地区典型地物光谱数据库建设[J]. 干旱气象,2010,28(3):363-366.
- [6] 罗琦,韩茜,李文莉,等. 基于 WEBGIS 的气象科学数据查询显示系统的设计与实现[J]. 干旱气象,2010,28(4):494-496.
- [7] 韩海涛,李仲龙. 地面实时气象数据质量控制方法研究进展[J]. 干旱气象,2012,30(2):294-296.
- [8] 李兴宝,侯方. 基于自动气象站与自动雨量站的气象服务、监视及自动报警系统[J]. 气象科技,2009,37(1):110-113.
- [9] 袁佰顺,尹宪志,徐启运,等. 自动气象站风传感器防冻控制电路设计[J]. 干旱气象,2009,27(1):110-113.
- [10] 孙林花,李仲龙,孙润,等. 基于元数据的气象数据收发全网监控系统[J]. 干旱气象,2009,27(3):294-296.
- [11] 胡文超,李晓苹,韩海涛. 气象元数据应用研究进展[J]. 干旱气象,2008,26(4):12-15.
- [12] 赵伟,脱宇锋,杨银娟,等. 一种安全可靠的分布式气象数据库设计[J]. 应用气象学报,2006,17(2):250-256.
- [13] 段文广,周晓军,石永炜. 数据挖掘技术在精细化温度预报中的应用[J]. 干旱气象,2012,30(1):130-135.
- [14] 李磊,杨瑜峰,杨菊梅. 省防雷综合业务管理平台设计与应用[J]. 干旱气象,2011,29(2):251-256.
- [15] 杨菊梅,邹鸿直,韩海涛,等. 省级气象网络用户信息管理系统[J]. 干旱气象,2009,27(1):93-96.
- [16] 蒙昭良. ORACLE DBA 高效入职指南[M]. 北京:清华大学出版社,2012. 12-82.
- [17] 杜庆峰,张卫山. ORACLE 的中大型应用系统性能优化分析[J]. 计算机工程,2005,31(14):91-93.
- [18] 刘光鑫,何红. ORACLE 中 SQL 执行原理及性能优化研究[J]. 计算机应用与软件,2009,26(6):149-151.
- [19] Oracle Database Concepts 10g Release 2 [OL/M]. (2005). <http://www.oracle.com/technetwork>.
- [20] 郭珉. ORACLE 数据库 SQL 优化原则[J]. 计算机系统应用,2010,4(4):170-173.
- [21] 王海宾,邵玲玲. 基于 ORACLE 的长三角自动站数据库系统[J]. 气象科技,2012,40(6):933-936.
- [22] 琚玲,赵芳. ORACLE 数据库连接配置浅析及故障排除[J]. 气象科技,2009,37(4):448-451.
- [23] 刘志成,薛志良. Oracle 数据库管理与应用实例教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2010. 28-116.
- [24] 李长林,张丽华,王红. Visual Basic 数据库系统开发[M]. 北京:电子工业出版社,2005. 19-66.
- [25] 袁佰顺,贾海源. 自动气象站实时资料查询与监控系统[J]. 干旱气象,2007,25(增刊):84-89.
- [26] 张铁军,王锡稳,张鸿,等. Surfer 自动控制技术在气象资料自动成图中的应用[J]. 干旱气象,2007,25(2):92-94.

Design and Application of Regional Automatic Meteorological Station Database in Southeast of Gansu Based on ORACLE

YUAN Baishun¹, ZHU Yongjun¹, LI Xiaohe^{1,2}, WANG Hongbin¹, CHEN Wei¹

(1. *Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741000, China;*
2. *Tianshui Weather Modification Office, Tianshui 741000, China*)

Abstract: Because of regional automatic meteorological stations, the ability of monitoring and early warning of disaster prevention and mitigation of severe weather emergencies has been promoted. But with the rapid expansion of the automatic weather stations, the data processing increases exponentially, so the higher requirements for storage processing of database system are put forward. ORACLE database has so many advantages in dealing with massive amounts of data, such as excellent performance and strong scalability. The regional automatic meteorological station database application system in southeast Gansu was designed and established based on ORACLE 10G. The tryout showed that this system could satisfy the requirement of visiting and searching real-time data of regional automatic meteorological stations, the application efficiency has been improved, and the data from thousands of regional automatic meteorological stations which located in southeast Gansu and surrounding areas could realize automatically warehousing, store, search and retrieve. In this essay, the design, optimization principles of statement query, connection configuration of ORACLE data server with client of the database have been introduced.

Key words: regional automatic meteorological station; real-time data; ORACLE; system application

.....
(上接第 468 页)

The Development of Digital Hail – Rain Measuring Instrument

DONG Xiaobo¹, MENG Xianluo², ZHEN Shuyong²,

SHI Anying¹, LV Feng¹, HU Xiangfeng¹

(1. *Weather Modification Office of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;*
2. *Meteorological Equipment Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China*)

Abstract: This article introduced the principle of the Digital Hail – Rain Measuring Instrument. After the hail separated from the rain-drop through the filtering device, the hailfall amount can be measured out according to Archimedes' s law. By taking full advantage of rainfall measurement, GPRS data transmission, solar – powered system and other advanced technologies, this instrument is featured with automatic observation, digital measurement and favorable networking capacity. The observations in the field show that the performance of this instrument is stable, and the observed data is reliable. Through the analysis of the data observed in the field, the rainfall measuring errors of this instrument fall into acceptable error range compared with other instruments. Finally, due to observing the amount of hailfall in real time, this instrument provides the study of hailfall observation with powerful instrumental support.

Key words: Digital Hail – Rain Measuring Instrument; principle; networking observation; error analysis