

分类号：TP311

单位代码：10422

密 级：

学 号：2010221195



山东大学  
SHANDONG UNIVERSITY

# 硕士学位论文

Thesis for Master Degree

(专业学位)

论文题目：

**基于无线的省级自动土壤水分监测系统的设计和实现**

**The Design And Implementation Of The Provincial  
Automatic Soil Moisture Detection  
System Based On Wireless**

作者姓名 徐晓琳

培养单位 计算机科学与技术学院

专业名称 计算机技术

指导教师 洪晓光 教授

合作导师

**2015年 4月 20日**



## 原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：徐晓琳 日期：2015-4-20

## 关于学位论文使用授权的声明

本人同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的印刷件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权山东大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名：徐晓琳 导师签名： 日期：2015-4-20

## 目 录

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	III
<b>第 1 章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.2 目前国内外发展现状 .....	2
1.2.1 国内发展现状 .....	2
1.2.2 国外发展现状 .....	3
1.3 本文主要工作 .....	3
1.4 论文组织结构 .....	4
<b>第 2 章 需求分析</b> .....	<b>5</b>
2.1 系统需求概述 .....	5
2.2 系统功能分析 .....	5
2.2.1 自动观测需求分析 .....	5
2.2.2 参数管理需求分析 .....	5
2.2.3 数据处理需求分析 .....	6
2.2.4 远程控制需求分析 .....	10
2.2.5 人工处理需求分析 .....	11
2.2.6 实时监控需求分析 .....	11
2.2.7 WEB 展示需求分析 .....	12
2.3 非功能性需求 .....	12
2.4 系统建设可行性分析 .....	15
2.4.1 技术可行性 .....	15
2.4.2 经济可行性 .....	15
2.4.3 后期维护可行性 .....	15
<b>第 3 章 系统总体设计</b> .....	<b>17</b>
3.1 总体设计目标和原则 .....	17

3.2 系统总体架构设计 .....	18
3.3 数据流程设计 .....	19
3.4 应用技术设计 .....	20
<b>第 4 章 系统详细设计 .....</b>	<b>22</b>
4.1 监测站点设计 .....	22
4.1.1 设备组成设计 .....	22
4.1.2 土壤水分传感器设计 .....	23
4.1.3 数据采集器设计 .....	23
4.1.4 供电系统设计 .....	24
4.1.5 GPRS 无线传输模块设计 .....	25
4.1.6 节能设计 .....	25
4.2 通信网络设计 .....	25
4.3 省级中心站设计 .....	26
4.3.1 系统功能设计 .....	26
4.3.2 参数管理模块设计 .....	28
4.3.3 数据处理模块设计 .....	30
4.3.4 远程控制模块设计 .....	34
4.3.5 人工处理模块设计 .....	35
4.3.6 实时监控模块设计 .....	36
4.4 自动土壤水分监测网络平台设计 .....	37
4.4.1 用户登陆设计 .....	38
4.4.2 WEB 平台功能设计 .....	39
4.5 数据库设计 .....	39
4.5.1 数据库 E-R 模型设计 .....	39
4.5.2 数据库表结构设计 .....	40
<b>第 5 章 系统实现与测试 .....</b>	<b>44</b>
5.1 自动土壤水分观测站点建设 .....	44
5.1.1 观测站建设选址 .....	44

5.1.2 观测站建设实现 .....	44
5.2 通讯网络建设 .....	46
5.3 省级自动土壤水分中心站实现 .....	46
5.3.1 参数管理模块实现 .....	46
5.3.2 数据处理模块实现 .....	47
5.3.3 远程控制模块实现 .....	53
5.3.4 人工处理模块实现 .....	55
5.3.5 实时监控模块实现 .....	58
5.4 自动土壤水分监测网络平台展示 .....	60
5.4.1 实时信息监控功能 .....	60
5.4.2 历史数据查询功能 .....	61
5.4.3 统计分析功能 .....	62
5.4.4 数据下载功能 .....	63
5.4.5 生成全省土壤水分分布图 .....	63
5.5 系统测试 .....	64
<b>第 6 章 结束语 .....</b>	<b>66</b>
<b>附图附表目录 .....</b>	<b>67</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>69</b>
<b>致    谢 .....</b>	<b>72</b>

## CONTENTS

<b>Chinese Abstract</b> .....	<b>I</b>
<b>English Abstract</b> .....	<b>III</b>
<b>Chapter1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Background And Significance .....	1
1.2 Development Status at Home and Abroad.....	2
1.2.1 Domestic Development Status.....	2
1.2.2 Development Status at Abroad .....	3
1.3 This Article Main Work .....	3
1.4 Organizational Structure.....	4
<b>Chapter2 Requirements Analysis</b> .....	<b>5</b>
2.1 System Needs Overview.....	5
2.2 System Function Analysis .....	5
2.2.1 Automatic Observation Needs Analysis .....	5
2.2.2 Parameter Management Needs Analysis.....	5
2.2.3 Data Processing Needs Analysis .....	6
2.2.4 Remote Control Needs Analysis.....	10
2.2.5 Manual Processing Needs Analysis.....	11
2.2.6 Real-time Monitoring Needs Analysis .....	11
2.2.7 WEB Display Needs Analysis .....	12
2.3 Non-function Needs.....	12
2.4 The Feasibility Analysis of System Construction.....	15
2.4.1 Technical Feasibility .....	15
2.4.2 Economic Feasibility .....	15
2.4.3 Post-maintenance Feasibility.....	15
<b>Chapter3 System Design</b> .....	<b>17</b>
3.1 The Overall Design Goals and Principles.....	17

3.2 Overall System Architecture Design .....	18
3.3 Data Process Design .....	19
3.4 Applied Technology Design .....	20
<b>Chapter4 System Detailed Design .....</b>	<b>22</b>
4.1 Monitoring Site Design .....	22
4.1.1 Equipment Components Design .....	22
4.1.2 Soil Moisture Sensor Design .....	23
4.1.3 Data Collector Design .....	23
4.1.4 Power System Design .....	24
4.1.5 GPRS Wireless Transmission Module Design .....	25
4.1.6 Energy-saving Design .....	25
4.2 Communication Network Design .....	25
4.3 Provincial Center Station Design .....	26
4.3.1 System Function Design .....	26
4.3.2 Parameter Management Module Design .....	28
4.3.3 Data Processing Module Design .....	30
4.3.4 Remote Control Module Design .....	34
4.3.5 Manual Processing Module Design .....	35
4.3.6 Real-time Monitoring Module Design .....	36
4.4 Automatic Soil Moisture Monitoring Network Platform Design .....	37
4.4.1 User Login Design .....	38
4.4.2 WEB Platform Function Design .....	39
4.5 Database Design .....	39
4.5.1 Database E-R Model Design .....	39
4.5.2 Database Table Structure Design .....	40
<b>Chapter5 System Implementation and Testing .....</b>	<b>44</b>
5.1 Automatic Soil Moisture Observation Site Construction .....	44
5.1.1 Observation Station Construction Location .....	44

5.1.2 Observation Station Construction Complement .....	44
5.2 Communication Network Construction.....	46
5.3 Provincial Automatic Soil Moisture Centre Station Complement.....	46
5.3.1 Parameter Management Module Complement .....	46
5.3.2 Data Processing Module Complement .....	47
5.3.3 Remote Control Module Complement .....	53
5.3.4 Manual Processing Module Complement .....	55
5.3.5 Real-time Monitoring Module Complement .....	58
5.4 Automatic Soil Moisture Monitoring Network Platform Display.....	60
5.4.1 Real-time Information Monitoring Function.....	60
5.4.2 Historical Data Query Function.....	61
5.4.3 Statistical Analysis Function .....	62
5.4.4 Data Download Function.....	63
5.4.5 The Province Distribution Map of Generated Soil Moisture .....	63
5.5 System Test.....	64
<b>Chapter6 Conclusion.....</b>	<b>66</b>
<b>Contents with Charts and Tables .....</b>	<b>67</b>
<b>References.....</b>	<b>69</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>72</b>

## 摘 要

随着社会的进步和科学技术的发展,特别是从 18 世纪工业革命以来,人类开发利用自然资源的能力不断提高,燃料消耗急剧增加,地下矿藏被大量开采和冶炼,工业高度发达,促进了工农业的大发展。但同时人类活动也造成气候的急剧变化,气象灾害频发。主要有暴雨洪涝、干旱、热带气旋、霜冻低温等冷冻害、风雹、连阴雨和浓雾及沙尘暴等其他灾害。山东省是农业大省,干旱是造成农业减产的主要气象灾害之一。<sup>[1]</sup>土壤水分是作物生长的主要影响因素,土壤水分状况对作物生长、产量等都形成重大影响。目前我省获取土壤水分数据采用传统的人工取土法。此方法费时费力同时获得的数据代表性差、周期长、效率低,远远不能满足现代气象为农服务的需求。

本文从系统的功能性需求、非功能性需求和系统建设可行性三个方面对山东省基于无线的省级自动土壤水分监测系统的进行了详尽研究,报告分析了目前国内对外对土壤水分监测的现状,深入探讨了土壤水分探测技术和无线通信技术的发展和对比。文章分别从系统的硬件部分、通信网络部分和软件部分三个方面的设计和实现进行了详细阐述。硬件部分包括观测站点设备仪器组成和应用原理。通信网络部分包括网络设计和架构及实现流程。软件部分包括两部分,基于 C/S 结构的省级自动土壤水分中心站的设计和实现,基于 B/S 结构的自动土壤水分监测网络平台的展示。重点对省级自动土壤水分中心站的数据处理、远程控制、人工处理和实时监控等各个系统模块的设计和实现进行详细阐述,同时对自动土壤水分监测网络平台的数据查询、浏览、下载、统计分析等功能进行了介绍。

本系统的建设完成,实现了山东省土壤水分观测从人工作业到通过设备仪器自动化探测、实时无线传输的探测流程质的飞跃。高频率、高精度、多站点的大数据集约化存储管理,使用户可以通过气象内网实时获取所需数据要素和相关数据分析图。目前全省各县均已建成一到多处观测站点,为我省农业生产和防灾减

灾提供重要的数据支撑，为广大农民提供优质的气象为农服务信息，将大幅度提升了气象系统的社会公共服务能力和水平。

**关键词：**土壤水分；自动观测；数据传输；数据应用

## ABSTRACT

With the progress of society and the development of science and technology, especially since the 18th century Industrial Revolution, the capacity of human in exploiting natural resources increased continuously, meantime, the fuel consumption increased sharply. During this time, a large number of underground mines are exploited and smelted and the industry is highly developed. On one hand it can promote the development of industry and agriculture greatly; however, human activities cause dramatic changes in climate and the frequent weather disasters, which include storm floods, droughts, tropical cyclones, frost and low temperature freezing damage, hail, rain and fog and even sandstorms and other disasters. Shandong is a major agricultural province, and drought is one of the major meteorological disasters which caused agricultural production dropped. Soil moisture is the main factor for crop growth, as its conditions impact crop growth and yield greatly. The traditional method of borrow is time-consuming, poor-represented, long-cycled, Inefficient and cannot meet the needs of modern agricultural services.

This paper gives a detailed study to the provincial radio-based automatic soil moisture monitoring system from three aspects: the system functional requirements, non-functional requirements and system construction feasibility of Shandong Province. It also analyzes the current situation at home and abroad of soil moisture monitoring and discusses the development and contrast of soil moisture detection technology and wireless communication technology in depth. The article describes detailed from three parts of hardware design, communication network design and software design. The part of hardware includes the observation site, equipment and instruments composition and application principle. The part of communication network includes network design and architecture section and implementation process. The part of software includes the design and function modules complement of provincial automatic soil moisture central station based on C/S structure and the network platform display of soil moisture

monitoring based on B/S structure. It focuses on the design and implementation of the various systems of data processing, remote control, manual processing and real-time monitoring of soil moisture and other provincial automatic central station modules design. At the same time it shows the data query, browse, download, statistical analysis and other functions of automatic soil moisture monitor network platform.

The construction and completion of this system makes the soil moisture observations in Shandong Province achieve a qualitative leap from manual operations to the detection process through automated detection equipment and real-time detection of wireless transmission. The intensive storage management of the high-frequent, high-perceive and multi-site large data enables users to obtain the required data elements and associated data analysis chart in real time via the meteorological network. At present the province's 123 counties have been completed several of observation sites which have provided important data support for the agricultural production and disaster prevention and mitigation in our province and have provided quality meteorological services for the majority of farmers. It will also enhance the ability and level of social services greatly.

**Keywords:** Soil Moisture; Automatic Observation; Data Transfer; Data Applications

# 第 1 章 绪论

## 1.1 研究背景及意义

山东的农业历史悠久，其耕地率属于全国较高省份之一，是我国的农业大省。全省地形复杂，山地占 15.5%，丘陵占 19.4%，平原占 55.0%，湖泊占 0.8%，其余为 9.3%。2013 年我省耕地面积为 1.14 亿亩，基本农田面积 1 亿亩。山东省的粮食产量较高，粮食作物种植分夏、秋两季。夏粮主要是冬小麦，秋粮主要是地瓜、玉米、水稻等。干旱灾害主要由农作物所受的损失来体现，据数据统计在 1951-2004 年的 55 年间，山东省平均每年因旱受灾面积达 196.8 万公顷。因此干旱灾害是影响山东农业生产的主要气象灾害之一，加强对干旱灾害的预测预警可以有效地提高山东省气象防灾减灾能力，满足农业对防御干旱、减轻旱灾影响的迫切需求。

土壤水分是监测干旱的重要指标之一，实时的对土壤水分进行监测可以快速掌握土地旱情动态，及时发布灾害预警可有效地避免或减少旱灾造成的农业损失。同时土壤水分又是促进农业生产的重要因素之一，土壤水分变化的测定与监测可以实现高效率的农业生产。通过土壤水分的状况，进行节水灌溉、实现科学用水。对农田中的土壤水分进行准确快速的探测，可以为确定农作物生长发育期内土壤水分盈亏提供准确快速的数据，从而做出灌溉、施肥决策或排水措施等保证农业生产。因此土壤水分监测系统的建设对农业生产有着重大意义。

目前山东土壤水分的观测基本依靠人工取土法烘干法观测，观测站点分布不够均匀、代表性差，土壤水分资料从观测到传输应用的时间周期长。同时观测的站点不统一造成观测数据的不可对比。耗费大量人力资源的同时获取的数据可用性有待提高。因此省级自动土壤水分监测系统的建设完成可实现解放人力、减小劳动强度、减少人工采样带来的误差、提高观测频次、统一观测时段，从而提高观测的自动化程度和提升气象为农服务能力。省级自动土壤水分监测系统的建设对气象防灾减灾，促进农业生产有着重要意义。

## 1.2 目前国内外发展现状

地球的水分分布很不均匀，海洋水储量占水资源总量的 97%，而土壤水仅占全球水分总储量的 0.005%，而我们人类用水和作物生长用水就是来源于这 0.005% 的部分，这很小的一部分却是我们农业生产的必要条件，是陆地植物赖以生存的源泉。

土壤水就是指土壤中所含的水分，但是一般是指地下水与地表之间土壤非饱和的空隙带中所含的水分。其实土壤水分来源还有一个是大气降水，我们在检查土壤水含量时采取土壤水分检测仪进行监测，土壤水是土壤的最重要组成部分之一，在土壤形成过程中有不可替代的作用<sup>[2]</sup>。

目前国内外对土壤水分的探测有多种方法，其中较主要方法的有烘干称重法、电容法，电阻法，微波法，中子法，张力计法， $\gamma$  射线法，核磁共振法，时域反射法（TDR），频域反射仪法（FDR），石膏法，遥感法和土壤水分传感器法等等。<sup>[3]</sup>

### 1.2.1 国内发展现状

我国对土壤水分的研究自 50 年代中期至 60 年代中期的 10 年期间，主要是以苏联 A.A.Pnoe 为代表的形态学水分研究的观点和方法开展研究的。<sup>[4]</sup>

自 70 年代末期土壤水分的能量概念被引进到国内，自此土壤水分研究进入一个崭新的阶段。从此，人们开始用定量的连续的能量观点代替以定性为主的间断的形态学观点来研究土壤水分；用势能来解释土壤中的水分保持；用水分特征曲线来表示土壤水蕴有的能量水平，即水势(或吸力)的大小与土壤含水量之间的函数关系；认为土壤中水势梯度才是土壤水分运动的驱动力<sup>[5]</sup>。

自 80 年代中期，我国开始利用遥感技术进行大面积区域动态土壤水分监测。此方法可以实现实时、快速的长时期监测。限于遥感技术的应用原理，植被和地表粗糙度对遥感监测深层的土壤水分有重大影响<sup>[6]</sup>。

近年来，由于计算机的广泛应用和通信技术的发展，我国也开始使用可以实时监测土壤水分的探测设备。但由于早期此类型设备价格昂贵，仅在实验时进行小范围应用。

## 1.2.2 国外发展现状

形态土壤水的研究,主要集中在土壤水的形态和数量。19 世纪初许多研究人员已经注意到,土壤水分的动态变化,19 世纪后半叶,俄国著名土壤学家 B·B·道库恰耶夫“把土壤水变动的许多现象同整个土壤形成和发展规律有机地联系起来”<sup>[6]</sup>。之后,俄罗斯和前苏联的许多研究人员研究各种土壤水分。

形态分类的土壤水只是一个定性的描述,传统的形态学观点已不能很好地处理生产实践中不断出现的土壤水问题,由此,土壤水的能量状态及动力学研究逐渐自欧美开始起步。在国际潮流中,用动力学观点研究土壤水逐步取代了形态学的观点和方法,特别是随着科学技术的进步,电子计算机的广泛应用更加推动了以能量观点为基础的土壤水的研究,逐步形成了土壤水动力学这一相对独立的研究领域。<sup>[7]</sup>

20 世纪 80 年代以后,数值模拟模型被广泛应用于土壤水的研究,计算机技术的发展也推进了该模型的飞速发展。1989 年 11 月在美国加州召开了一次关于土壤水力性质评估的国际会议,该次会议主要讨论了采用间接方法估计非饱和土壤水力特性,会后由 M.Th.VanGenuchten 教授等主编了论文集<sup>[8]</sup>。1993 年 Kiefer 采用经典高斯方法建立了一个非均质土壤非饱和流的概念随机模型。随着应用科技的发展和学科间的相互渗透,以及土壤水用于生产实践的需求,土壤水运动的研究在广度和深度上必将有更大发展<sup>[8-10]</sup>。

## 1.3 本文主要工作

本文的主要工作内容有以下几点。

- 1、根据我省的实际土壤水分观测业务,对建设自动土壤水分监测系统的功能性和非功能性需求及项目建设的可行性等多个方面进行详细分析。
- 2、介绍了我省自动土壤水分监测系统的总体设计框架,数据总体流程和系统建设的技术支持进行阐述。
- 3、详细阐述了省级壤水分监测系统的设计和各个业务模块的业务流程。
- 4、对系统的实现和测试运行情况进行说明。

## 1.4 论文组织结构

本文共分六章，内容安排如下。

第 1 章主要对论文研究的背景和意义，国内外对此研究的现状和论文的组织结构进行阐述。

第 2 章主要从系统的功能性需求分析、非功能性需求分析和可行性分析的三个方面进行阐述。

第 3 章介绍了系统的总体设计，从系统的设计原则和目标、总体构架设计、数据信息流程设计，技术支持四个方面进行阐述。

第 4 章对系统的设计进行了详细的详细阐述，包括观测站建设设计、通信网络设计，省级自动土壤水分中心站软件各功能模块的设计，网络平台的数据展示的设计。

第 5 章为系统的实现和测试，主要是对省级自动土壤水分监测系统的建设实现和系统运行测试情况进行阐述。

第 6 章为结束语，对本文工作进行了简要总结，提出需要进一步研究的方向。

## 第 2 章 需求分析

### 2.1 系统需求概述

干旱是我国最严重的、影响最广泛的气象灾害之一，对国民经济、生态环境乃至社会稳定都会产生重要影响。山东是全国 13 个粮食主产省份之一，人多水少、人多地少是山东省的基本省情。山东省淡水资源总量 305.8 亿立方米,人均每年可用水量为 334 立方米，不足全国平均水平的 1/6，在世界上被划归为“极度缺水”地区，能够用于农业灌溉的水资源更稀少<sup>[12]</sup>。因此如何高效益利用有限的灌溉的水资源来促进农业生产和防灾减灾，我省面临的亟待解决问题。

现阶段我省的土壤水分观测观测基本依靠人工取土烘干进行数据获取，观测周期长，各种簿表的填写也多依赖手工录入，不仅工作量大，而且极易出错，在一定程度上造成了人力、时间、资源的浪费。自动土壤水分观测仪的使用可逐步解放人力，增加观测站数，提高观测频次，减少人工采样带来的不均匀误差，减小工作量，为我省干旱预测、预警和为农服务提供更加可靠、丰富的监测资料。

### 2.2 系统功能分析

#### 2.2.1 自动观测需求分析

目前，山东省农业气象观测站已在进行土壤水分监测。全省有 80 个观测站每月的 8 日、18 日和 28 日进行常规人工观测，观测数据在 3 天后即当月的 11 日、21 日和下月的 1 日进行上报；另有 114 个观测站每月的 3 日、13 日和 23 日进行补充人工观测，观测数据在 3 天后即当月的 6 日、16 日和 26 日进行上报。土壤水分数据的测量采取人工取土、烘箱烘干的方式进行土壤分层测量，每 10CM 测量一次。因此实现自动观测时，观测仪需满足实时对定点土壤的逐层测量，并对数据进行封装发送。

#### 2.2.2 参数管理需求分析

根据集约性原则，系统建设所需各类参数由省级配置，观测站不再进行参数管理工作。省级系统管理人员统一对观测站参数、传输参数、系统运行参数、用户信息的各类信息拥有添加、删除、修改权限。参数管理的用例规约如表 2-1 所示。

表 2-1 参数管理规约

用例规约	
用例名	参数管理
实现优先级	高
功能说明	根据收集调度提供的收集信息（如：收集时间等），通过 GPRS 实时收集数据。
调用者	系统管理员
前置条件	系统管理员正常登陆系统后进入参数管理模块。
后置条件	系统管理员可对修改情况进行查看。
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 系统管理员登陆系统后可对所有参数进行修改、保存操作；对站点信息和用户信息进行添加删除操作。</li> <li>2. 系统管理员设定关键自后，提交查询申请。页面刷新后，显示符合设定的相关信息。</li> </ol>
备选处理过程	无
异常处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不允许重复信息（如站号）重复后，提示信息异常无法保存。</li> <li>2. 不允许空置信息未填写，提示信息不全无法保存。</li> </ol>

### 2.2.3 数据处理需求分析

观测数据采集完成后通过 GPRS 无线通信传输至省级自动土壤水分中心站，中心站对数据进行收集、检查、质量控制、存储、打包、分发传输和查询工作。

#### 1. 数据收集

数据收集，是在规定的收集时间系统统一发起数据收集请求，获取各类气象观测信息。数据收集的用例规约如表 2-2 所示。

表 2-2 数据收集规约

用例规约	
用例名	数据收集
实现优先级	高
功能说明	根据收集调度提供的收集信息（如：收集时间等），通过 GPRS 实时收集数据。
调用者	收集调度
前置条件	检查无线网络连接情况
后置条件	待收集的数据已进入本地目录
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 收集调度发起数据收集的请求。</li> <li>2. 获取本地基本参数管理。</li> <li>3. 收集数据。</li> </ol>
备选处理过程	无
异常处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 无线网络连接异常，记录异常日志信息。</li> <li>2. 接收数据失败，记录异常日志信息。</li> </ol>

## 2. 数据检查

数据检查，观测站采集数据传输至系统后，系统根据本地配置信息对发起检查调度，对获取的信息进行检查分类。数据检查的用例规约如表 2-3 所示。

表 2-3 数据检查规约

用例规约	
用例名	数据检查
实现优先级	高
功能说明	根据检查调度提供的基本参数（如：标识码、台站信息等），对收集数据进行类型检查。
调用者	检查调度
前置条件	收集调度已获取数据
后置条件	检查后的数据已分类存放
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查调度发起数据检查的请求。</li> <li>2. 获取本地基本参数管理。</li> <li>3. 根据本地基本参数管理对收集数据进行检查。</li> <li>3. 解析参数并校验收集数据。</li> </ol>
备选处理过程	无
异常处理过程	

## 3. 数据质量控制

大规模自动观测仪器的部署，高频率、多站点的自动观测数据的应用，提高了用户对所需气象数据的及时性和有效性的需求。而气象数据的复杂性又使这一需求变得矛盾又统一。

自动气象数据的形成是一个复杂的过程，它包含了观测、订正、编码、传输、接收、解码等一系列环节，其中任一环节的疏忽或失误就会造成资料的丢失和错误，甚至会造成更为隐蔽的资料系统性错误。一般来讲未经质量检查的数据是不能提供使用的，因为不准确的数据往往会让使用者的研究得不到准确的结果，有时甚至是完全相反的结论<sup>[13]</sup>。因此系统需对获取的自动观测数据要素进行数据质量控制。数据质量控制的用例规约如表 2-4 所示。

表 2-4 数据质量控制规约

用例规约	
用例名	数据质量控制
实现优先级	高
功能说明	对数据各个数据进行质量检查，并对不规范的地方进行标记。经过检查后，要素在正常误差内的数据将进行下一步处理，不在正常误差内的数据将进行标记，并置为缺测。

表 2-4 数据质量控制规约（续表）

调用者	流程调度
前置条件	流程调度发起质量控制请求
后置条件	完成质量控制检查
处理过程	
基本处理过程	1. 获取待检查的数据。 2. 对数据进行解析，提取观测要素。 3. 根据系统设定的修正值范围，对观测要素进行质量检查。 4. 判断是否有误，如果有误则进行标记，本要素置为缺失。
备选处理过程	无
异常处理过程	数据读写失败，记录异常日志信息。

#### 4. 数据存储

自动观测气象数据数据量大、频率高，不能采用以前人工观测时纸质存储方式。鉴于气象数据的实时使用，及多点备份的特点，采用数据库级存储和文件级存储两种方式保存数据，互为备份。数据存储的用例规约如表 2-5 所示。

表 2-5 数据存储规约

用例规约	
用例名	数据存储
实现优先级	高
功能说明	对数据各个数据进行存储。
调用者	流程调度
前置条件	流程调度发起数据入库的请求
后置条件	数据库更新完毕
处理过程	
基本处理过程	1. 获取待入库的数据。 2. 对数据进行解析，提取观测要素。 3. 将各类要素写入对应库表中。
备选处理过程	无
异常处理过程	数据写入失败，记录异常日志信息。

#### 5. 数据打包

数据打包，是指需进行数据分发的数据系统按照业务规范要求，自数据库中取得相应数据进行文本文件的文件名和文件内容（包括报文报头、时间、正文、结束标识）的编写，将数据打包完毕后形成规范的传输文件。数据打包的用例规约如表 2-6 所示

表 2-6 数据打包规约

用例规约	
用例名	数据打包检查
实现优先级	高
功能说明	对数据进行打包，编写规范的报文文件名和文件内容。
调用者	流程调度
前置条件	流程调度发起数据打包的请求
后置条件	形成规范的自动土壤水分文本文件
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 获取编写规范；</li> <li>2. 生成具有规范文件名的文件，编写完成包括报文报头、时间、结束标识，正文为空；</li> <li>3. 自数据库中获取数据；</li> <li>4. 将获取数据按规范逐条写入报文正文中；</li> <li>5. 生成完整的传输报文文件。</li> </ol>
备选处理过程	无
异常处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 文件读写失败，记录异常日志信息。</li> <li>2. 报告格式修正失败，记录异常日志信息。</li> </ol>

### 6. 分发传输

根据分发策略，对需进行传输的数据采用 FTP 协议方式分发进行实时分发；实现同一资料的多点分发、断点续传等功能；详细记录数据分发日志信息。数据分发的用例规约如表 2-7 所示。

表 2-7 数据分发规约

用例规约	
用例名	分发传输
实现优先级	高
功能说明	支持以文件方式分发数据到本地接口目录和备份目录。传输采用 FTP 协议方式，并记录完整的文件分发传输日志信息。
调用者	流程调度
前置条件	流程调度提出文件分发需求
后置条件	完成文件分发传输
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 获取待分发任务；</li> <li>2. 解析分发任务，获取文件分发的详细信息（如待分发文件名、待分发文件地址、分发目标目录信息、分发后文件权限、分发协议、分发后处理信息等）；</li> <li>3. 定位并获取待分发的文件；</li> <li>4. 按照分发协议的要求对待分发文件进行协议封装；</li> <li>5. 按照分发协议对文件进行分发；</li> <li>6. 判断文件分发是否成功，如果是则转 8，否则转 7；</li> <li>7. 记录文件分发失败日志信息；</li> <li>8. 记录文件分发日志信息。</li> </ol>
备选处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 与分发目的地建立协议连接；</li> <li>2. 设置文件分发缓冲区大小。</li> </ol>
异常处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定位并获取文件失败，记录异常日志信息。</li> <li>2. 文件分发失败，记录异常日志信息。</li> </ol>

## 7. 数据查询

数据查询，是指针对系统监控人员在系统中设定查询条件收集的各类信息情况，便于系统监控人员对气象自动土壤水分业务的实时监控。数据查询的用例规约如表 2-8 所示。

表 2-8 数据查询规约

用例规约	
用例名	数据查询
实现优先级	中
功能说明	支持以文件方式分发数据。采用 FTP 协议方式分发，并记录完整的文件分发日志信息。
调用者	系统监控人员
前置条件	系统监控人员正常登陆系统，进入数据查询模块。
后置条件	查询完成后，页面显示相关信息。
处理过程	
基本处理过程	系统管理员设定关键自后，提交查询申请。页面刷新后，显示符合设定的相关信息。
备选处理过程	
异常处理过程	1. 连接数据库失败后弹出提示框提示。 2. 查询条件矛盾时弹出提示框提示。

### 2.2.4 远程控制需求分析

自动土壤水分数据的获取，是由观测站的采集器完成的。采集器根据内部时钟每分钟采集数据，然后根据观测业务需求定点传输采集数据。为保证全部采集器时钟保持一致，保证气象数据的可对比性，上述功能均由省级采用 GPRS 无线通信方式统一远程控制。远程控制用例规约如表 2-9 所示。

表 2-9 远程控制规约

用例规约	
用例名	远程控制
实现优先级	高
功能说明	支持对全省所有观测站进行统一授时，远程配置各观测站传输频率。
调用者	定时校时调度
前置条件	到达系统定时校对时间。
后置条件	观测站返回校时完毕信息。
处理过程	
基本处理过程	1. 到达定时校对时间后，系统获取校时服务器上的标准时间。 2. 获取各个观测站的标识码。 3. 通过 GPRS 方式向各个观测站发送校时信息。 4. 接收各个观测站返回的校时完毕信息。
备选处理过程	
异常处理过程	无线网络正常的观测站，一定时间内未返回校时完毕信息，重复发送校时信息；两次均未返回校时完毕信息的观测站信息记录异常日志内。

### 2.2.5 人工处理需求分析

省级自动土壤水分监测系统建成后，自动土壤水分数据采集后通过省级中心站传输至中国气象局。中国局对其传输情况每月进行传输质量考核。依靠系统软件自动收集数据传输过程，仅能满足数据连续性的部分需求，无法满足实际业务中对数据传输高及时率的要求。因此，需要设计人工处理功能，实现通过人工处理各种状况，提高数据传输及时率。此项要求，主要实现日常业务中的数据缺失、网络线路故障、省级系统故障、数据恢复等问题。人工处理用例规约如表 2-10 所示。

表 2-10 人工处理规约

用例规约	
用例名	人工处理
实现优先级	高
功能说明	支持系统监控人员手动发送数据收集请求，允许系统监控人员手动进行数据打包、分发处理，支持人工对数据库的导入导出处理请求。
调用者	系统监控人员
前置条件	传输业务异常
后置条件	数据及时分发
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 系统监控人员发现故障，气象信息未及时处理；若数据已收集未打包转 4，若数据已打包未分发转 6。</li> <li>2. 未收到观测数据，人工发送数据收集请求。</li> <li>3. 收集到观测数据后，数据自动打包处理。转 5</li> <li>4. 数据为自动打包处理，则人工发送数据打包请求。</li> <li>5. 打包文件生成后，在指定接口目录下查看，未生成转 3。</li> <li>6. 人工发送数据分发请求，查看接口目录清空，未清空转 5。</li> <li>7. 系统监控人员对数据库进行导入导出操作，保证数据完整。</li> </ol>

### 2.2.6 实时监控需求分析

实时监控实现对省级自动土壤水分监测系统的运行状态、数据处理情况以及无线网络连接情况进行统一的管理、监视、查询。要求采用 C/S 结构，自动土壤水分中心站监控人员通过客户机直接访问自动土壤水分中心站系统，便于故障处理查询。实时监视信息的刷新频率由管理人员在配置文件中设置。实时监控的用例规约如表 2-11 所示。

表 2-11 实时监控规约

用例规约	
用例名	数据实时监控
实现优先级	高
功能说明	根据管理人员的定义对数据的处理情况，中心站系统运行状态、观测站运行状态、网络连接情况进行监视。在地图中点击站点标记后，显示当前时间接收到的改站点观测数据和运行状态。数据未到时用醒目的标记来提示监控人员。监控人员可按照区域、资料类型、资料时次筛选界面显示内容。
调用者	定时器
前置条件	定时器发起各类监视的请求
后置条件	完成数据监视
处理过程	
基本处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定时器发起各类监视收集监视的请求；</li> <li>2. 展现数据收集监视界面；</li> <li>3. 根据配置（或者用户）选择需要监视的对象，显示监视的结果；</li> <li>4. 用户按照区域、资料类型、资料时次筛选监视的内容；</li> <li>5. 展示数据收集监视的结果；</li> <li>6. 记录数据收集监视日志信息。</li> </ol>
备选处理过程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 数据未收到时用醒目的标记提示。</li> <li>2. 监控人员在界面内录入查询条件，显示查询数据的接收情况。</li> <li>3. 定时刷新监视界面。</li> </ol>
异常处理过程	获取数据收集监视结果失败，记录异常日志信息。

### 2.2.7 WEB 展示需求分析

自动土壤水分气象观测数据应用用户数量众多，分布在全省各级气象部门，数据处理时采用 C/S 架构便于系统维护，但不便于用户应用。用户一般对自动土壤水分数据应用为，本站数据浏览查询、历史数据的数据分析包括输出曲线图、饼状图、柱状图等，极值的判定和信息下载等需求。

用户数据应用采用 B/S 架构，全省局域网内用户可以通过该网站监控台站运行、浏览、下载数据、统计分析历史数据、生成全省土壤水分变化图。该网站服务器位于省气象局内网，仅供气象部门人员使用。该平台通过对用户进行权限控制。对不同的用户开放不同的功能子系统，提供不同的权限。

## 2.3 非功能性需求

### 1. 稳定性和可靠性

由于气象部门的工作需求,系统在投入运行后就必须全天 24 小时不间断运行,进行数据处理应用。因此无论是硬件系统还是软件系统(包括系统软件和应用软件)都必须具有很高的稳定性和可靠性<sup>[14]</sup>。

在本系统软件开发前期各阶段完成之后,通过加强测试来进一步提高系统的稳定性和可靠性,通信系统的测试包括单元测试、集成测试、系统测试、仿真测试和全国联调测试多个测试环节,在可能的情况下,进行尽可能完备的策略,充分考虑可靠性测试。并在测试前就确定通信系统的测试标准、规范,同时在测试过程中建立完整的测试文档,把软件置于配置控制下,保证任何错误及对错误的动作都能及时归档<sup>[15]</sup>。

## 2.时效性

由于该传输系统是一个实时系统,对资料的处理是有时效性要求的。因此,必须要满足资料的优先级和时效性要求,合理调度资料的任务进程和可用计算资源,在保证高优先级资料(如短临预报涉及的雷达及自动站资料)时效性的同时,使得其它资料也能够在其规定的时限内通过。因此,在提高系统的稳定性和可靠性的同时,也要保证系统的时效性要求。当构成系统的硬件设备性能确定后,可通过减少 I/O 读写操作、多线程并行机制和优先级队列调度等来满足系统的高时效性需求。

## 3.可扩展性和可维护性

由于通信系统中资料处理流程、策略及业务参数等可能会随着业务处理规则的改变而改变。因此,通信系统的可扩展性和可维护性主要体现在:策略及业务参数的可配置性、面向接口设计(即程序设计与具体算法剥离)等。

通信系统的各个组成部分(如数据收集、收集处理、分发处理等)在完成作业的过程中,需要获得一系列的策略(如收集策略、收集处理策略、分发处理策略等)和业务参数来支撑,且所有的策略和业务参数都可能会根据业务的变化进行更改。因此系统需要解决如何将更改后的策略即时生效,即:无需重启系统,应用程序就可基于更改后的策略完成相关的作业。

## 4.安全性

根据国家信息技术安全等级三级安全需求（GBT 22239—2008 信息系统安全等级保护基本要求）和气象局全国气象网络安全架构要求，并针对通信系统的特殊性要求，对安全需求分如下几个层次：①物理安全；②访问控制；③身份鉴别；④数据安全；⑤应用安全；⑥运行安全；⑦管理安全。

#### 5.故障处理

通信系统面对海量数据的高时效性处理需求，故障处理是必须考虑的。故障处理是对系统出现异常事件时，能及时有效的发现系统故障，准确定位故障的原因，并采取有效的故障隔离手段，防止软件和系统失效情况的发生。它是提高系统可靠性和安全性的重要手段。

系统故障的发现一般可以通过对系统的运行状态进行侦测，比如系统资源使用的异常、应用进程或线程使用资源发生异常、应用程序变量超出正常阈值、应用服务不工作等等都是系统可能发生故障的征兆。因此，通信系统需要提供有效的监控机制，对系统运行时的相关状态进行动态的侦测，并根据预先定义的策略，对相应的事件进行处理，保证系统安全稳定的运行，提高系统的健壮性和可靠性。

#### 6.易用性

为便于操作人员的人工干预，系统中配置信息的配置和修改，应提供直观、方便的界面。系统可按照配置的参数自动运行，减少操作人员的劳动强度。

#### 7.自动运行模式

由于该传输系统是一个实时系统，它要求全天 24 小时不间断地自动运行，即除必要的少量配置文件的修改之外，日常的业务均由系统自动运行，勿需人工干预。因此，系统需要提供有效的基于诸如时间、事件、优先级等策略的作业调度机制，使应用系统能够根据相应的策略自动运行并完成相关的作业，实现作业执行的自动化。

#### 8.规范性

通信系统将采用标准的通信、网络等协议，严格遵循软件工程规范化的原则，并对整个系统研发过程进行规范化的管理和控制。

## 2.4 系统建设可行性分析

### 2.4.1 技术可行性

省级自动土壤水分监测系统的建设涉及到的土壤水分探测技术和无线通信技术经过多年实践都已基本成熟，因此该项目的建设从技术层面完全可以实现。国内有多家厂商研究的探测设备可供选择，可以方便快速地在同一地点进行不同层次土壤水分监测，获取具有代表性、准确性和可比较性的土壤水分连续观测数据。因此该项目的建设从硬件设备方面完全可以实现。系统的软件设计从系统功能模块、编译语言和数据库选择等都方面完全可以实现。

### 2.4.2 经济可行性

该系统的建设由国家和地方的专项经费作为支持；经过近几年的科学研究实践，系统建设的重要组成部分又是价格较昂贵的自动监测硬件设备，价格大幅下调；综合使建设覆盖全省的自动土壤水分监测网成为可能。

该系统的建设完成也将大幅度的产生经济效益和社会效益。

1. 将实现土壤水分数据密集性、持续性、高频率获取，能大幅度提高为农业防灾减灾、增产保收的气象服务质量。

2. 将实现土壤水分数据的自动观测、传输，解放人力资源，能大幅度减少人力成本的投入。

3. 我省自动土壤水分监测系统的建成后实现优质的公共气象服务信息的共享，将大幅度提高我省气象系统的社会公共气象服务能力。

### 2.4.3 后期维护可行性

经过几十年的建设，山东省地基、空基、天基相结合的立体化综合气象监测网已初具规模；全省 17 市均建有市级气象局，123 个县均建有县级气象局，实现省-市-县三级垂直管理。市局均配有专职设备维护人员，县局也配有兼职设备维护人员，具备了自动土壤水分监测系统建成后人员及时维护的能力。

近几年专项气象监测逐渐兴起，如风能监测网、雷电监测网、设施农业监测网等。自动土壤水分监测网建立后，数据的采集处理和设备的状态均由省局专业

人员负责统一监控；在省、市两级备有自动土壤水分仪器备品备件，能及时处理常见故障；同时要求厂家对设备定时巡检。从而具备自动土壤水分监测系统建立后的设备仪器及时维护能力。

## 第3章 系统总体设计

### 3.1 总体设计目标和原则

按照需求牵引、统一布局、业务服务并举、稳步实施的原则，利用 2-3 年时间在现有人工测墒点基础上建成以自动土壤水分观测仪为主，便携式土壤水分观测仪为辅的全省土壤水分自动观测网，显著改进土壤水分观测手段与方法，以满足现代农业气象业务和干旱监测服务需求<sup>[16]</sup>。

为保证系统的建设和可持续性，在系统建设和设计中遵循以下原则。

#### 1、先进性

省级自动土壤水分监测系统承担着数据采集、传输、处理等多方面的任务，需要采用先进的技术来进行保障。采用先进探测设备，运用现代无线通信技术，确保用户操作方便简洁、系统安全稳定、系统运行生命周期较长。

#### 2、可靠性原则

省级自动土壤水分监测系统必须保证系统运行的高度可靠性，必须做到万无一失。在进行系统设计时，采用多种方式互补，在确保系统可靠的同时，提供系统备份功能，从多个方面、多种技术层面来确保系统稳定工作。

#### 3、适用性原则

数据采集环境复杂，探测设备都安装在野外，在系统建设设计时需充分考虑系统软硬件的抗干扰性和易维护性。采用模块化设计，加强系统冗余能力。

#### 4、标准化和可维护性原则

省级自动土壤水分监测系统的所有设计和施工方案需遵循国际及国家现行的标准进行，以提高系统的开放性。整个系统是一个开放系统，采用通用的标准化接口，能兼容不同厂商的产品，有利于硬、软件的兼容，系统的升级和扩充。

#### 5、经济性原则

选用价格昂贵的设备，不一定能组成操作简便、功能完善的系统。在设计中，所选设备首先考虑器功能性的满足，并同时考虑其实用性、经济性，强调系统性能价格比。设计的系统在上应用上应具有一定前瞻性，在增强了系统功能的前提下，

不增加特殊设备，不提高系统造价，使系统的经济性得到很好的体现。

## 3.2 系统总体架构设计

基于无线的省级自动土壤水分监测系统建设设计由自动土壤水分观测站建设、通讯网络建设和省级数据处理中心软件建设三个部分组成，本系统总体结构如图 3-1 所示。

省级数据处理中心软件包括省级自动土壤水分中心站和自动土壤水分监测网络平台。从而实现位于不同地点的自动土壤水分观测仪器通过 GPRS 无线通讯网络和局域网进行统一调度和气象数据的汇总。可实现各监测网点土壤水分数据的自动采集、存储、计算处理、通讯等功能。大大提高了土壤水分观测的实时性，有效地实现了土壤水分数据的共享。

自动土壤水分观测站建设设计，前期结合现有的人工观测站，在周围选取合适的地点安装自动土壤水分观测仪采集数据；后期系统试运行稳定后，逐步在全省推广建设自动土壤水分观测站。

通信网络建设方面结合运营商的 GPRS 线路和本省现有的局域网进行建设，基本不用在通信网络硬件方面进行投入，将节省大量成本。

省级数据处理中心建设主要集中在软件建设方面，需完成省级自动土壤水分中心站和自动土壤水分监测网络平台的开发、试运行任务。硬件方面仅需采购 PC 机和服务器各一台。

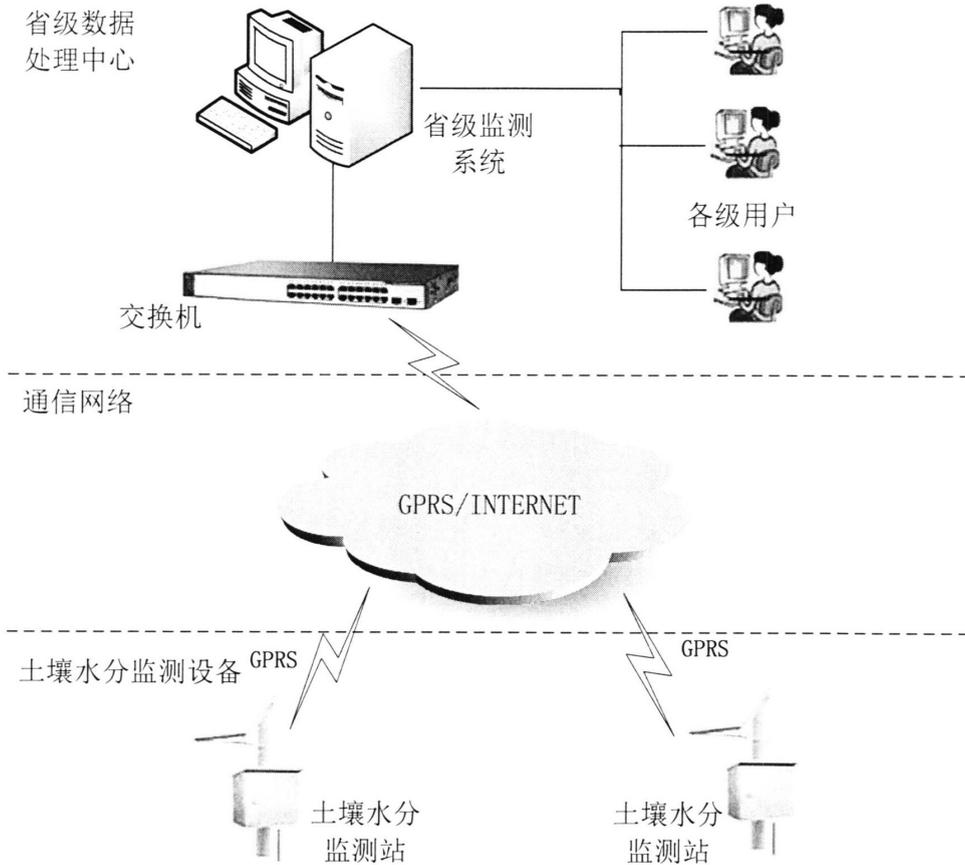


图 3-1 省级自动土壤水分监测系统总体结构图

### 3.3 数据流程设计

数据收集流程设计，对观测站发送的观测信息实时收集，对收集的信息进行处理包括信息检查、质量控制并将有效的信息写入数据库中存储。

数据分发流程设计，按照国家局规定的自动土壤水分传输规范要求定时在数据库中提取数据生成有效报文，将报文转发给上级传输系统和本地数据服务用户。

数据存储流程设计，自动土壤水分观测数据存储分为两级存储，数据库级和文件级。所有数据均首先要素入库进行数据库级存储，需进行分发的数据生成报文后统一本地保存进行文件级存储。

监视流程设计，省级自动土壤水分监测系统提供数据传输监控和运行状态监控。数据传输监控包括数据实时接收状态、历史接收状态、分发状态监控和数据

观测要素监控。运行状态监控包括系统运行状态监控，网络连接状态监控，观测站运行状态监控。自动土壤水分观测信息流程如图 3-2 所示。

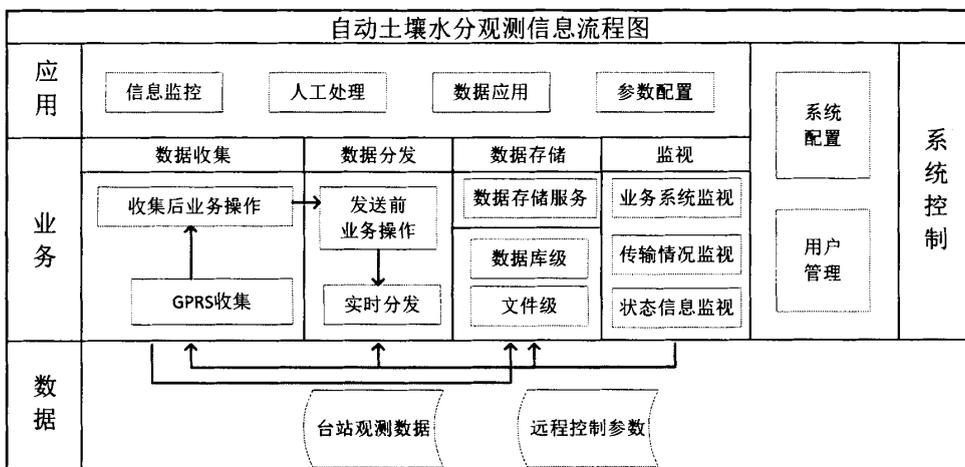


图 3-2 自动土壤水分观测信息流程图

### 3.4 应用技术设计

#### 1. 土壤水分测量技术

准确测定土壤含水量对指导农业生产和进行土壤水的研究有重要意义。目前土壤水分的测定的方法有很多中，其测量的基本原理也不同。其中较主要方法的有烘干称重法、电容电阻法，微波法，中子法，张力计法， $\gamma$  射线法，核磁共振法，时域反射法（TDR），频域反射仪法（FDR），遥感法和土壤水分传感器法等<sup>[17-19]</sup>。

在通过仪器测定土壤水分的方法中频域反射仪法（TDR）和时域反射仪法（FDR）是现在最常用。二者都具有技术成熟，精度高，便于携带的优点。TDR 法在国内使用主要依赖进口，价格较高。FDR 法，国内厂商技术成熟、设备更加经济，同时其测量具有稳定可连续原位测定及无辐射的等优点。在组建土壤水分监测网时 FDR 测定方法表现出更独特的优势，因此本系统中的土壤水分探测采用 FDR 法测量<sup>[20]</sup>。

#### 2. 通信传输技术

有线通信网络必须架设电缆，或挖掘电缆沟或架设架空明线前期投入巨大、建设周期较长；但建成后信号稳定、不易受外界干扰，同时带宽较大、数据传输

更加高速。无线通信网络没有布线成本、地域影响小，但传输带宽较小又易受周围环境影响。由于自动土壤水分数据监测站点的建设地点要求有代表性的田间地头，土壤数据量小个数多，因此自动土壤水分数据监测网的通信传输设计采用无线通信方式。

无线通信方式种类繁多，其中蓝牙，红外(IrDA) 和无线局域网、Zigbee、NFC 都适用于短距离无线通信，GPRS 和 CDMA 适用于长距离无线通信等。GPRS 覆盖范围较广，一些偏远地区也可通信，CDMA 信号质量较好，但覆盖面积小现阶段主要集中在城区。本系统中的观测点基本都在农田中，因此其数据通信设计选用 GPRS 方式进行通信。

### 3. 系统开发技术

本系统软件部分采用 Visual Basic 语言开发，数据库选用 Microsoft SQL Server 2005，实现基于 C/S 架构的对数据收集、质量控制、存储、传输及设备状态监测，采用 B/S 架构实现用户对土壤水分数据的实时浏览和查询统计等要求。

VB 语言是当今世界上使用最广泛的编程语言之一，它也被公认为是编程效率最高的一种编程方法。无论是开发功能强大、性能可靠的商务软件，还是编写能处理实际问题的实用小程序，VB 都是最快速、最简便的方法。<sup>[21]</sup>

SQL Server 是一个关系数据库管理系统，它为用户提供了一个安全、可靠和高效的平台用于数据管理和商业智能应用。本系统的数据库选用 Microsoft SQL Server 2005，数据库引擎为关系型数据和结构化数据提供了更安全可靠的存储功能，可以构建和管理用于业务的高可用和高性能的数据应用程序<sup>[22]</sup>。

## 第 4 章 系统详细设计

### 4.1 监测站点设计

山东省的自动土壤水分观测站建设主要是设置分布于全省各地的自动土壤水分观测仪，实时采集当地的土壤水分数据及传感器状态，并进行存储、传输。观测仪设计是应用 FDR 原理的土壤水分测量传感器和总线式数据采集技术于一体的自动化测量设备,其技术指标符合中国气象局土壤水分观测仪的设计要求。

#### 4.1.1 设备组成设计

自动土壤水分观测仪由软件和硬件组成。软件为采集软件。硬件包括传感器、采集器、通信接口和系统电源 4 部分组成。可以探测实时和整点的各层的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量。其设备组成如图 4-1 所示。

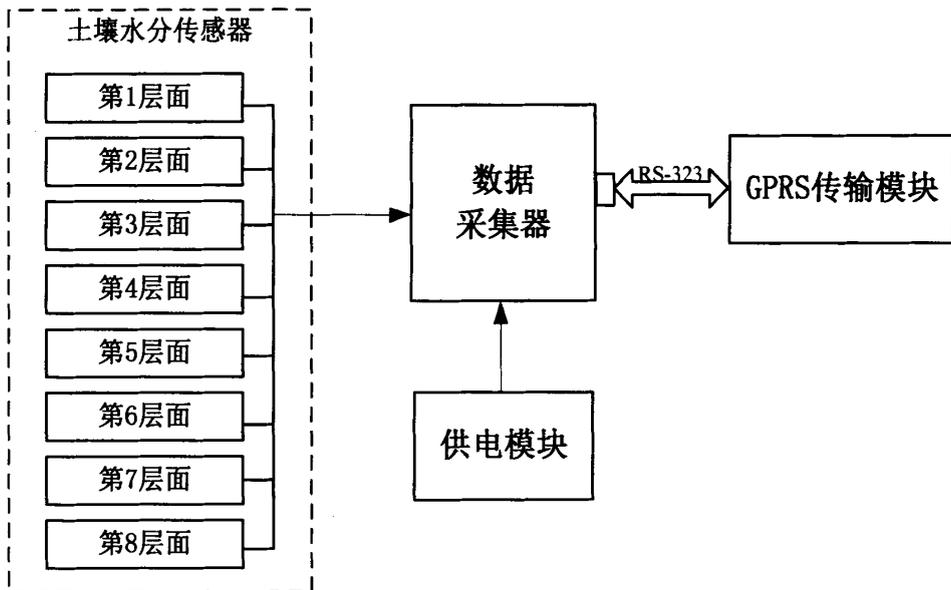


图 4-1 DZN1 自动土壤水分观测仪组成图

### 4.1.2 土壤水分传感器设计

自动土壤水分观测仪的传感器设计采用 SWS406 土壤水分传感器。由高频发射器、接收器、微处理器、探针等组成。高频发射器、接收器、微处理器密封在防水室内,4 个长 60mm 不锈钢探针与之固定相连。不锈钢探针直接插入土壤。传感器尾部的电缆线用于为传感器提供电源及输出模拟信号。该传感器精密、可靠,耐用,无放射性污染源。探针采用防腐性能强的 316 型奥氏体不锈钢<sup>[23]</sup>。传感器壳体高强度工程塑料,进行密封处理,保证其具有良好的防水性能。全密封,可长期埋在地下任意深度连续测量<sup>[24]</sup>。

传感器设计原理为频域反射法(FDR)中的驻波率法。传感器中的高频信号源产生的高频信号沿传输线传播到土壤探针,由于探针阻抗与传输线阻抗不匹配,一部分信号沿传输线反射回来。在传输线上入射波与反射波叠加形成驻波,使传输线上各点的电压幅值存在变化。而土壤探针阻抗取决于土壤的介电特性,土壤的介电特性又主要取决于土壤含水量,因而可以通过测量传输线上电压的变化来反映土壤含水量的多少。驻波率法(SWR)测量法可以快速、连续和高精度地测量土壤水分。SWR 具有成本低廉、测量精度高的特点,适合大规模推广应用。<sup>[25、26]</sup>

目前,系统的传感器设计为分 8 层探测,其土壤深度分别是,第一层为 10cm、第二层为 20cm、第三层为 30cm、第四层为 40cm、第五层为 50cm、第六层为 60cm、第七层为 80cm、第八层为 100cm。

### 4.1.3 数据采集器设计

数据采集器是自动土壤水分观测仪的核心组件,其主要任务是通过传感器完成对各层土壤的采样工作,并对采样的数据进行控制运算、数据计算处理、数据记录存储及实现数据通信和传输。主要由 CPU、激励源电路、模拟量接口电路、采样测量电路、显示及键盘接口电路、通讯接口电路、高精度时钟电路、看门狗电路、通讯接口电路、大容量存储卡电路、电源系统等组成。

系统设计采用 MDT30 气象数据采集器, CPU 内部具有大容量程序 FLASH、片内数据 RAM、双串口的新型高速微控制器。可实现串行在线系统编程。大容量存储电路选用标准 CF 卡驱动电路,存储卡选用 64M 工业级 CF 卡,存储容量大、

温度范围广、通用性强。采样测量电路选用多通道 16bits A/D 转换芯片，该芯片在 CPU 控制下按照程序要求进行输入信号切换、A/D 自校准、量程转换、模数转换等操作。16BITS 转换精度，相当于满量程的 1/65536，无误码，低噪声，高精度。A/D 转换芯片内部具有可编程放大电路。各器件按照统一工艺、统一的生产方式生产，保证该电路的稳定和变化一致性，可以有效地消除时间漂移、温度漂移对放大电路的影响，保证测量的准确性。A/D 转换芯片能在 CPU 控制下自行进行零点和满量程校准，有效消除各种因素对测量精度的影响。具有 RS-232/RS-485 两个标准通讯口。可以存储 60 天的整点数据。<sup>[27-28]</sup>其设备组成如图 4-2 所示。

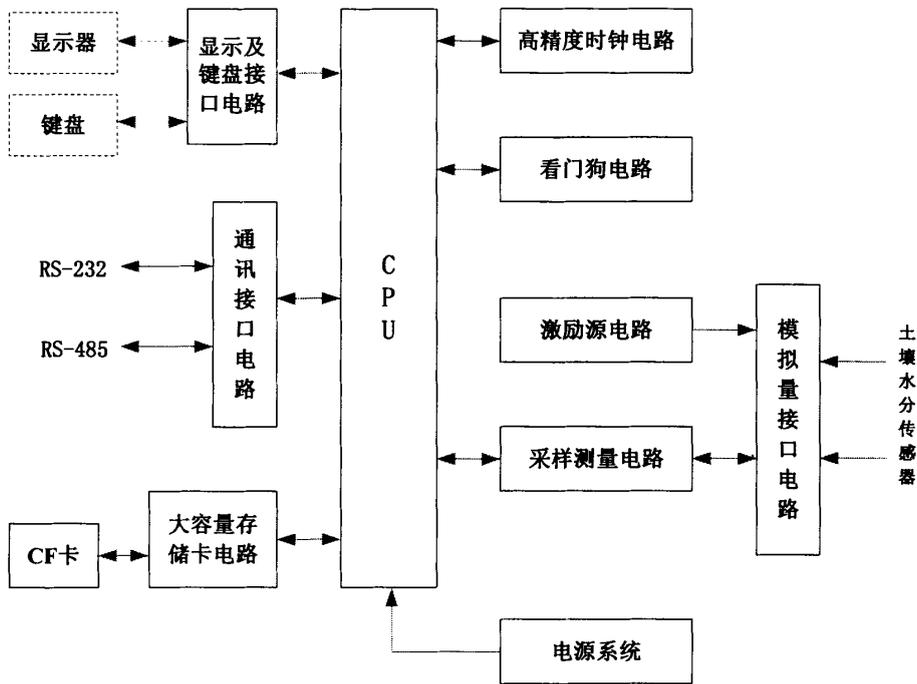


图 4-2 DZN1 自动土壤水分观测仪数据采集器组成图

#### 4.1.4 供电系统设计

自动土壤水分观测仪一般建在农田间，远离市电网络，因此供电设计选用太阳能供电方式。此种设计可有效地提供观测所需用电，同时避免铺设电路的高额经费。太阳能供电设计采用 17AH 免维护铅酸蓄电池，当天气条件许可时采用太阳能供电，由充电控制器为系统供电，同时为铅酸蓄电池进行充电直至充满为止；当无法进行太阳能供电时，由铅酸蓄电池为系统供电。

#### 4.1.5 GPRS 无线传输模块设计

GPRS 数据传输模块安装在观测站设备的仪器箱内，是无线数据传输的主要工作部件，该模块可以实现自动与中心站计算机进行无线网络连接。

#### 4.1.6 节能设计

硬件设计采用低压贴片 CMOS 元器件，电路尽量采用低压芯片，以降低系统功耗；全部采用贴片 CMOS 元器件降低系统功耗。

设计使用间歇供电技术，对传感器供电采用间歇供电。例如系统采集频率为 1 次/分钟，传感器响应时间小于 3 秒。在实际测量电路中对传感器采用间歇供电技术，每分钟的 47 秒开始，给传感器供电，59 秒开始采集，采集完成后给传感器断电。这样每只传感器仅仅消耗 3.7mA 的电流，大大降低了功耗。

CPU 设计采用休眠的工作方式。当系统没有工作任务时，CPU 进入休眠状态；当任务时间到或有外部中断时，CPU 被唤醒，进入正常工作状态。数据采集器上的显示器在用户不使用时，进入断电状态。当用户按动键盘查看数据时，系统才给显示器供电，当 30 秒内没有操作键盘，系统自动给显示器断电。

### 4.2 通信网络设计

各站点自动土壤水分观测数据基于集约化管理模式，设计数据采集后通信传输采用无线 GPRS 通讯方式集中传输至省级数据监测系统，本地不再进行和计算机的直连。数据通过 GPRS 通信的流程进行设置。<sup>[29]</sup>

#### 1. 固定 IP 地址的获取及设置

设计由运营商提供的网络专线，经过省级气象部门局域网的路由器接入省级自动土壤水分中心站的控制计算机，同时得到该计算机的固定 IP 地址。该固定 IP 地址将设置到监测网各外站的无线传输模块内。

#### 2. 入网参数设置

省级自动土壤水分中心站的参数设置模块中设计有每个子站的站名、站号、台站类型、通讯时间间隔、标识符等参数。其中最重要的参数是每个外站内无线传输模块的标识符，该标识符为外站的唯一身份识别符号，每个外站都有自己的

标识符，各不相同。该标识符是指无线传输模块中所装的手机卡的 SIM 卡号的最后 6-10 位非字母的连续数字。

### 3. 无线连接的建立

各子站的仪器安装完成，系统带电后，其内部的无线传输模块将向其内部保存的固定 IP 地址不停地发出连接请求。中心站计算机的通讯调度软件启动后，将进入侦听状态。当侦听到某个外站的连接请求后，将与其建立连接。由于各子站无线上网时得到的是动态 IP 地址，因此连接后，省级自动土壤水分中心站无法识别外站身份，这时外站内的无线传输模块，会向省级自动土壤水分中心站发出它自己的标识符，省级自动土壤水分中心站系统根据保存在软件中的标识符就能够识别外站，这样整个连接过程完成。

每个子站上电或断掉连接后都会发出连接请求，有多少个连接请求，省级自动土壤水分中心站系统就建立多少个连接，这些连接同时存在，同时在线，保证省级自动土壤水分中心站系统同时与多个外站的通讯实时性。由于整个网络使用 APN 身份验证，因此其他无线通讯设备包括手机，均无法进入本气象监测网络，不会干扰网络正常运行，也保证了数据的安全性。

### 4. 网络中断处理

如果观测站、省级自动土壤水分中心站出现故障或其他原因造成网络中断，观测站的 GPRS 无线模块会定时的不间断的向中心站发送连接请求，直到和中心站建立起连接为止。

网络正常时，观测站的 GPRS 无线模块也会定时向省级自动土壤水分中心站发送心跳包，用以实时监测网络连接是否正常。

## 4.3 省级中心站设计

### 4.3.1 系统功能设计

省级自动土壤水分中心站（以下简称中心站），首要任务是对全省自动土壤数据进行收集、检查、质控、打包、分发、传输，其次是对数据进行存储、查询、应用。同时考虑统一和集中管理原则，系统应具有对网络里的所有自动土壤水分设备进行统一管理、远程控制功能。

因此中心站设计应实现对网络里的所有自动土壤水分观测仪进行统一管理，对收集到的数据进行统一的处理、存储、应用及监控等。其系统功模块主要有台站参数管理模块、数据处理模块、远程控制模块、人工处理模块、实时监控模块共 5 大功能模块。中心站软件系统功能设计如下图 4-3 所示。

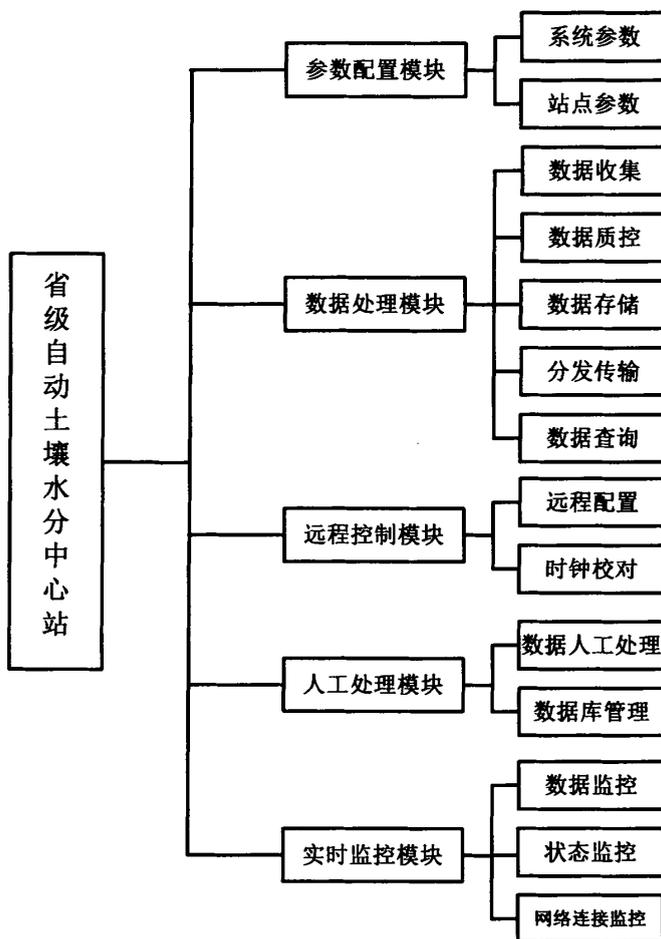


图 4-3 省级自动土壤水分中心站功能框图

### 1. 参数管理模块

参数管理模块设计要求所有通过无线 GPRS 方式接入的观测站点必须将站点信息上报中心站维护人员，进行统一参数修改，无法自行修改，便于省级自动土壤水分监测系统的统一集约化管理。

由于自动土壤水分观测仪多建在农田中，已发生设备被盗、意外损坏，站点迁移，通信卡更换，土壤对比参数变化等一系列问题。因此在此模块中包含对所

有参数的基本设定。

## 2. 数据处理模块

数据处理模块承担着省级自动土壤水分中心站日常的主要业务。其功能是对自动土壤水分的各种数据分类别进行收集、质控、存储、打包、分发、传输、查询等处理。系统中数据存储分为数据库存储和文件级存储两类。

## 3. 远程控制模块

本系统设计在各台站不做参数管理，所有需要进行的配置均在省级中心站统一配置。中心站软件实现对观测站仪器基本参数、传输参数的远程配置和时钟校对。各观测站仪器基本参数通过软件的管理模块对各站参数管理修改后进行本地存储和远程发送到观测站。传输参数主要是远程控制每个观测站的数据发送时间间隔。其设计可实现单个控制，也可批量控制；可以自动控制，也可以手动控制。

## 4. 人工处理模块

人工处理模块主要设计省级自动土壤水分监测系统建成后，自动土壤水分数据采集后通过省级中心站传输至中国气象局的自动传输过程的补充。实现数据未及时传输至省级自动土壤水分中心站后，通过人工进行数据补要、手动传输功能。数据数据库级和文件级两级互为备份，设计手动数据导入、导出功能。

## 5. 实时监控模块

实时监控模块的主要设计目标是对省级自动土壤水分监测系统整体运行情况的集中反映。将实现收集到的台站运行信息、无线通讯在线状态、数据实时接收情况，小时数据缺测情况等信息在中心站软件主界面中集中展示，便于系统运维人员人机交互，及时判定问题情况。实时监控模块是在实际系统运行中，系统运维人员人机交互最多的模块，因此设计通过直观的信息展示、不同颜色区分，简单明了的显示了整个系统的运行情况。

### 4.3.2 参数管理模块设计

参数管理设计分为观测站参数管理、中心站系统参数管理和用户信息管理三个方面，便于系统管理人员对系统进行维护。观测站参数管理设计含有观测站基本信息、通信信息和土壤参数。中心站系统参数管理包括数据库参数、接收和分

发参数。用户信息包括用户名、密码和权限。详细参数设计见下表 4-1 所示。

表 4-1 详细参数管理设计表

观测站参数			中心站系统参数			用户信息
基本信息	通信信息	土壤参数	数据库参数	接收参数	分发参数	
区站号； 仪器类型； 台站名称； 经度； 纬度； 海拔高度； 测量地段； 使用情况。	通信网络； 通信方式； 轮询间隔； 无线通信标识； 上行传输标识； 考核站标识； 电话号。	土壤类型； 土壤容重； 田间持水量； 凋萎湿度； 深度（厘米）； 订正值； 曲线类型。	服务器名； 系统登陆 ID； 密码； 源数据库； 数据保存时间（设定 0 为永远）。	接收目录； 接收间隔； GPRS 侦听端口； 文件级存储目录。	分发 IP 地址； 用户登陆名； 密码； 分发接口目录； 分发文件本地备份目录。	用户名； 密码； 权限。

其中区站号和台站名称均不得重复或缺失；无线通信标识，是各个站点观测系统通过的无线网络接入的唯一身份识别符号，所有站点各不相同不能重复。时间间隔，是台站按照设定时间间隔（分钟级别）自动上传监测站最新的逐分钟气象数据。土壤参数设计为各层分别填写允许重复但不允许缺失，土壤容重、田间持水量、凋萎湿度都是通过相同深度进行人工观测得出的数值，曲线系数为各层曲线系数。

系统管理员对上述信息具有查询、添加、删除、修改保存的权限，其用例图如图 4-4 所示。

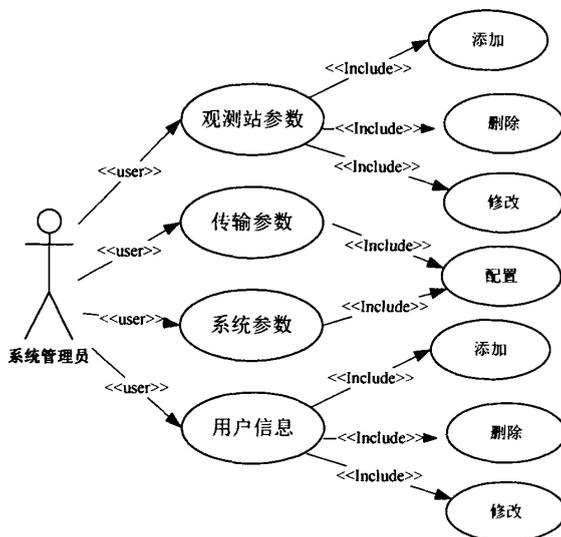


图 4-4 参数管理用例图

### 4.3.3 数据处理模块设计

数据处理模块是本系统的核心模块，其主要任务是对接收到的自动土壤水分数据进行数据收集、检查、质量控制、数据入库、数据打包和分发传输功能。其数据处理工作活动图如图 4-5 所示。下面对数据收集、数据检查、质量控制、数据打包、数据传输的设计进行详细阐述。

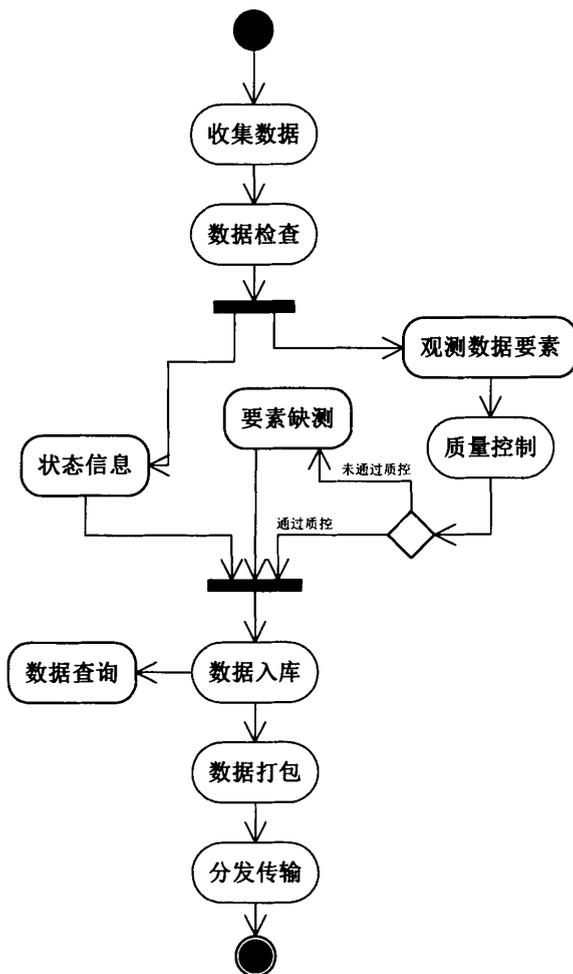


图 4-5 数据处理活动图

#### 1. 数据收集

观测仪采集器每隔 1 分钟读取测量结果，取 10 分钟内的 10 个采样值，作质量控制后求算术平均，即为该 10 分钟时段内的土壤体积含水量观测值的分钟观测值；对前 1 小时内的 6 个 10 分钟平均值作质量控制后求算术平均，即为该小时

土壤体积含水量观测值；超过 2 次 10 分钟平均值丢失，则当前小时平均值标识为“缺失”。<sup>[30]</sup>数据算法如表 4-2 所示。

表 4-2 数据计算方法表

计算值	导出量的计算方法
土壤重量含水率	以土壤体积含水量与土壤容重的比值表示。 $w = \frac{Q}{\rho}$ $w$ ：土壤重量含水率（%）； $Q$ ：土壤体积含水量（%）； $\rho$ ：地段实测土壤容重（g/cm <sup>3</sup> ）。
土壤相对湿度	以重量含水率占田间持水量的百分比表示。 $R = \frac{w}{f_c} \times 100\%$ $R$ ：土壤相对湿度（%），取整数记载； $w$ ：土壤重量含水率（%）； $f_c$ ：田间持水量（用重量含水率表示，%）。
土壤水分总贮存量	土壤水分总贮存量指一定深度（厚度）的土壤中总的含水量，以水层深度 mm 表示。 $v = \rho \times h \times w \times 10$ $v$ ：土壤水分总贮存量（mm），取整数记载； $\rho$ ：地段实测土壤容重（g/cm <sup>3</sup> ）； $h$ ：土层厚度（cm）； $w$ ：土壤重量含水率（%）。
土壤有效水分贮存量	土壤有效水分贮存量是指土壤中含有的大于凋萎湿度的水分贮存量。 $u = \rho \times h \times (w - w_k) \times 10$ $u$ ：有效水分贮存量（mm）； $\rho$ ：地段实测土壤容重（g/cm <sup>3</sup> ）； $h$ ：土层厚度（cm）； $w$ ：土壤重量含水率（%）； $w_k$ ：凋萎湿度（用重量含水率表示）。

设计采集器通过 GPRS 通信方式每十分钟传输一次分钟观测数据，每小时传输一次小时观测数据。观测数据包括各层土壤观测值和设备运行状态，传输数据需按规定进行封装，后传输至省级中心站系统。数据传输封装规定如表 4-3 所示。

表 4-3 数据传输封装规定表

名称	详细要求
文件名	标识码-资料类型-时间.txt 标识码：为观测站 GPRS 通信模块中自带的通信标识，此标识码必须同中心站参数匹配，否则无法通信。 资料类型：O 为观测数据；R 为状态信息。 时间：当前数据生成时间。格式 YYYYMMDDhhmmss, YYYYMMDD 为年月日，hh 为小时，mm 为分钟（一般为 10,20,30 等），ss 为秒（设定为 00）。

表 4-3 数据传输封装规定表（续表）

文件内容	<p>观测文件内容：为各层观测计算的土壤重量含水率、土壤相对湿度、土壤水分贮存量、土壤有效水分贮存量，各数值间用空格区分；第一行为 10cm、第二行为 20cm 依次划分，最后回车换行输入 NNNN 编写截止。</p> <p>状态信息内容：采集器状态、电源电压值、一层传感器状态、二层传感器状态、三层传感器状态依次到依次八层传感器状态，各数值间用空格区分最后回车换行输入 NNNN 编写截止。其中采集器状态和各层传感器状态用 0/1 设计，0 表示正常，1 表示异常。</p>
------	--

## 2. 数据检查

省级中心站接收到数据后，按照数据传输封装规定检查数据文件名和内容格式是否符合规定。数据检查完成后通过的数据根据文件名区分状态信息直接入库保存，观测数据进入下一环节进行质量控制；未通过的数据写入错误日志。

## 3. 质量控制

观测数据的质量控制设计采用各观测要素进行极值检查。极值检查主要是对自动土壤水分数据中每一层的各个要素进行极值范围筛查。当前系统建设初期，对极值范围设定较宽暂定为 0~100 之间。未通过极值检查的要素设为缺测，该要素值由相同字节长度的数个数字 9 标记。

## 4. 数据打包

数据打包是将数据库内存储的数据按照打包规则生成文本文件的过程。按照国家自动土壤水分传输要求，本系统设计仅进行小时观测数据的打包处理。

### (1) 文件命名规则

单站自动土壤水分观测站上传文件命名方式为（文件名的大小写敏感）：

Z\_AGME\_I\_Iiii\_yyyymmddhh0000\_O\_ASM-FTM[-CCx].txt

Z：固定代码，表示文件为国内交换的资料。

AGME：固定代码，表示农业气象资料。

I：固定代码，指示其后字段代码为测站区站号。

Iiii：测站区站号。

yyymmddhh：文件生成时间“年月日時”（UTC，国际时）。

O：气象观测数据指示码。

ASM：自动土壤湿度。

FTM：表示定时观测。

CCx: 资料更正标识, 可选标志, 仅在单站资料文件名中使用。对于某测站 (由 Iiiii 指示) 已发现观测资料进行更正时, 文件名中必须包含资料更正标识字段。CCx 中: CC 为固定代码; x 取值为 A~X, x=A 时, 表示对该站某次观测的第一次更正, x=B 时, 表示对该站某次观测的第二次更正, 依次类推, 直至 x=X。

txt: 固定代码, 表示文件为文本文件。

## (2) 文件内容规则

打包数据文件为单条记录, 包括区站号、纬度、经度、地段海拔高度、各层土壤水分层次标示及相关湿度数据共 106 组, 每组用 1 个半角空格分隔, 共 486 字节分别记录每小时土壤水分数据, 文件结尾处加“NNNN<CR><LF>”表示文件结束。其排列顺序及长度分配如表 4-4 所示。表中只简要列出 10cm 层数据内容要求, 其余 20、30 等各层数据内容要求一致不再详细说明。

表 4-4 自动土壤水分观测站上传数据格式表

序号	要素名	长度	说明
1	区站号	5 字节	5 位数字或第 1 位为字母, 第 2-5 位为数字
2	测量地纬度	6 字节	按度分秒记录, 均为 2 位, 高位不足补“0”, 台站纬度未精确到秒时, 秒固定记录“00”
3	测量地经度	7 字节	按度分秒记录, 度为 3 位, 分秒为 2 位, 高位不足补“0”, 台站经度未精确到秒时, 秒固定记录“00”
4	测量地海拔高度	5 字节	保留一位小数, 扩大 10 倍记录, 高位不足补“0”
5	测量地段标示	4 字节	“0000”标示固定地段。作物地段以 B 电码表为准, 森林采用“2000”标示。
6	观测时间	14 字节	年月日 (国际时, yyyyMMddhhmmss), 其中: 分秒固定为“0000”
7	10cm 土壤层次标示	4 字节	固定输入“L010”
8	10cm 土壤体积含水量	3 字节	单位: $\text{g}/\text{cm}^3$ , 保留一位小数, 扩大 10 倍记录, 高位不足补“0”; 若要素缺测或无记录, 应按约定的字长, 每个字节位均存入一个“/”字符
9	10cm 土壤相对湿度	4 字节	百分比, 保留一位小数, 扩大 10 倍记录, 高位不足补“0”; 缺测或无记录要求同上。
10	10cm 土壤重量含水率	3 字节	百分比, 保留一位小数, 扩大 10 倍记录, 高位不足补“0”; 缺测或无记录要求同上。
11	10cm 土壤有效水分贮存量	3 字节	单位: mm。取整进行记录, 高位不足补“0”; 缺测或无记录要求同上。

## 5. 数据分发传输

打包后的数据分发至对应接口目录，系统设计在整点后 3 分钟检查接口目录中是否存在文件，有则通过 FTP 方式传输至省局新一代通信系统内再传输至中国局，FTP 方式的传输 IP 地址、接口目录、用户名、密码等参数均在参数管理模块配置完成。

传输完成后调取新一代通信系统的接收回执和传输接口目录中文件进行比较，若一致则清除该文件，若不一致则保留该文件，保证有效性传输。软件设计在整点后 3 分钟、7 分钟、26 分钟和 55 分均进行一次上述操作，保证信息正常传输成功。此处设定的轮训时间是根据在实际业务中，中国局对此项业务的实际要求（整点后 30 分内及时）设计，尽可能通过自动 FTP 传输方式运行，一般不需人工干预，减少工作量。

#### 4.3.4 远程控制模块设计

远程控制模块分为远程配置用例和时钟校对用例。

##### 1. 远程配置用例

远程配置用例的主要任务是对观测站的数据传输频率进行统一配置。观测站建设中 GPRS 通信模块按要求调整参数配置后，在业务运行期间要求不得单独进行本地参数调整。有业务调整或本地配置有误时，统一由系统管理员通过中心站系统进行统一配置，保持全省业务观测频率的一致性。

##### 2. 时钟校对用例

自动土壤水分数据获取设计由采集器每隔 1 分钟读取各层测量仪测量结果，每 10 个测量数据的算数平均作为该 10 分钟的观测值，每 6 个 10 分钟观测值的算术平均作为该小时观测平均值。其传输设计也是根据时间，按一定的时间间隔定时发送至省级自动土壤水分中心站。因此保持所有观测站采集器的时钟一致尤为重要。设计各观测站仪器基本参数通过软件的管理模块对各站参数管理修改后进行本地存储和远程发送到观测站。传输参数主要是远程控制每个观测站的数据发送时间间隔。其设计可实现单个控制，也可批量控制；可以自动控制，也可以手动控制。

### 4.3.5 人工处理模块设计

人工处理模块是数据处理模块的有效补充，包括数据人工处理和数据库管理两项用例。

#### 1. 数据人工处理用例

当数据处理模块无法完成其功能时，人工处理模块完成数据的收集发送等工作。主要针对数据未及时接收，数据为及时打包和数据未及时发送三种情况进行设计。系统监控人员通过监控模块发现数据为接收可通过中心站系统手工发送数据收集请求，对应观测站接收到后按指令要求发送采集器保存的相关数据，中心站系统收集到补发数据后可调用数据处理模块的各项功能自动进行数据处理；发现数据未完成打包操作，可发送数据打包请求到中心站系统，系统接到请求后重新执行数据处理模块的数据打包及之后的各项功能自动进行数据处理；发现文件已在接口目录中未及时发送，可发送数据传输请求系统响应后执行该操作完后数据传输工作。数据人工处理用例活动图如图 4-6 所示。

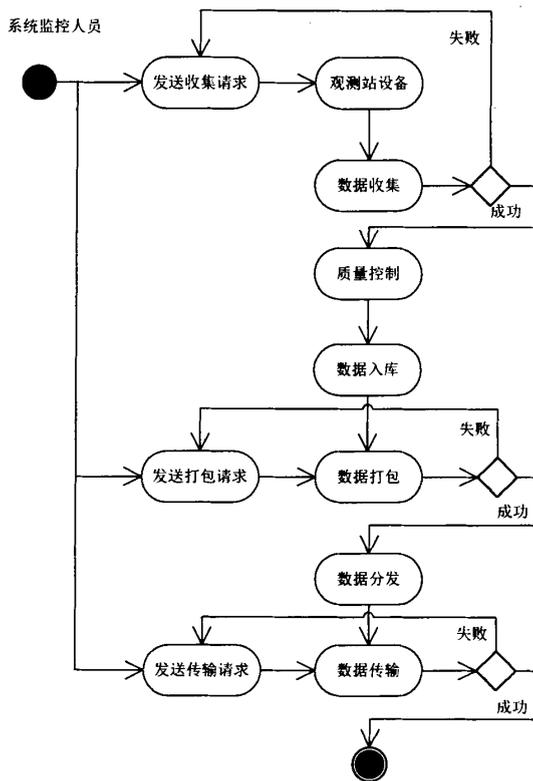


图 4-6 数据人工处理用例活动图

## 2. 数据库管理用例

功能设计主要针对数据库故障回复后，库内观测数据不全，而文件级存储的文本文件齐全设计的。通过确认台站站号和时间段，从文件级存储目录下获取所需文件，按照文件打包的反过程将各层数据读取后写入对应库表中，从而保证自动土壤水分数据的连续性。数据库管理用例活动图如图 4-7 所示。

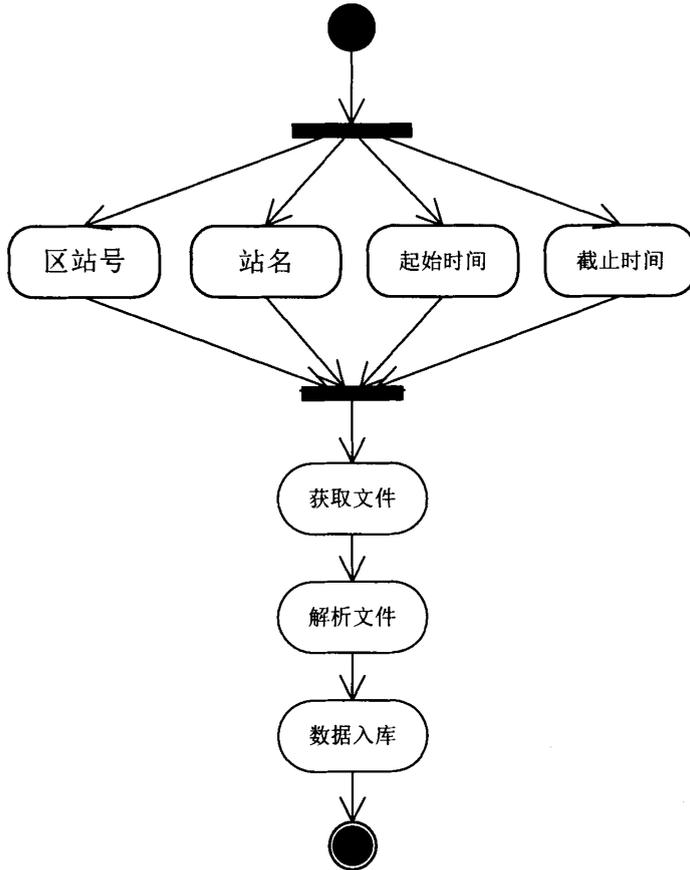


图 4-7 数据库管理用例活动图

### 4.3.6 实时监控模块设计

实时监控模块设计对省级自动土壤水分监测系统的数据处理情况，设备运行状态、日志信息以及无线网络连接情况进行统一的实时监视、管理。具体包括信息接收传输情况、网络线路的连接情况、观测设备的运行状态、系统的运行状态、观测要素等。其功能描述如表 4-5 所示。

表 4-5 实时监控模块说明表

编号	模块名	功能描述
1	数据收发监控	对观测数据的收集和发送情况进行监控
2	数据存储监控	对观测数据的 24 小时内的入库情况进行监控
3	网络连接状态监控	实时监视无线网络是否连通
4	设备运行状态监控	对观测站的电压状态,硬件设备运行情况进行监控
5	无线 MODEM 运行状态监控	对无线 MODEM 运行状态进行监控
6	日志信息监控	对日志信息进行监控

该模块参与者包括系统管理员、系统监控员两个角色。用例为实时监控用例。根据所监控的内容又可以泛化为监控网络连接用例、监控数据传输用例、监控状态信息用例, 监控业务系统用例和监控日志信息。实时监控模块用例图如图 4-8 所示。

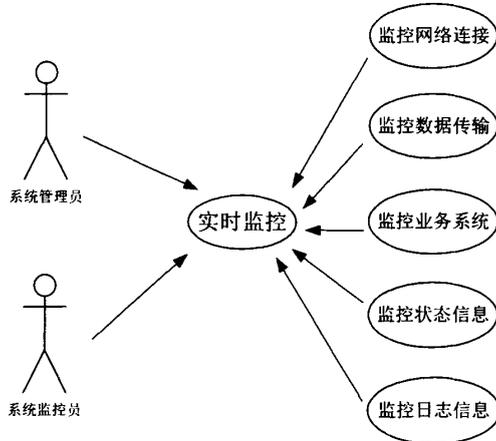


图 4-8 实时监控模块用例图

#### 4.4 自动土壤水分监测网络平台设计

自动土壤水分监测网络平台主要针对应用自动土壤水分的数据用户设计, 采用 WEB 网站的形式, 全省气象部门局域网内用户可以通过该网站监控台站运行、浏览、下载数据、统计分析历史数据等功能。该网站为于省气象局业务内网, 仅供气象部门人员使用。该平台通过对用户进行权限控制。对不同的用户开放不同的功能子系统, 提供不同的权限。

### 4.4.1 用户登陆设计

用户提供用户登录账号和正确的登录密码进行登录信息的提交。“身份验证”失败，则返回到系统登录界面，并且提示相应的错误信息；“身份验证”成功，则系统会根据用户身份，提取用户所属组信息以及该组所属角色和该角色所拥有的权限，加载相应的系统模块。系统菜单加载失败，则系统回到登录界面，给出提示信息；系统菜单加载成功，则进入下一个步骤。加载全局性的系统参数，同时加载用户个性化的系统参数，个性化参数和系统参数进行比较取舍处理。参数加载失败，回到系统登录界面，并给出提示信息；加载成功，则系统显示用户所属组自定义的初始主页面，至此登录完成。本系统的其它模块都需要进行登录方可使用，未登录用户仅能查看到当前各站的瞬时数据（分钟数据）。系统登录用例的活动图如图 4-9 所示。

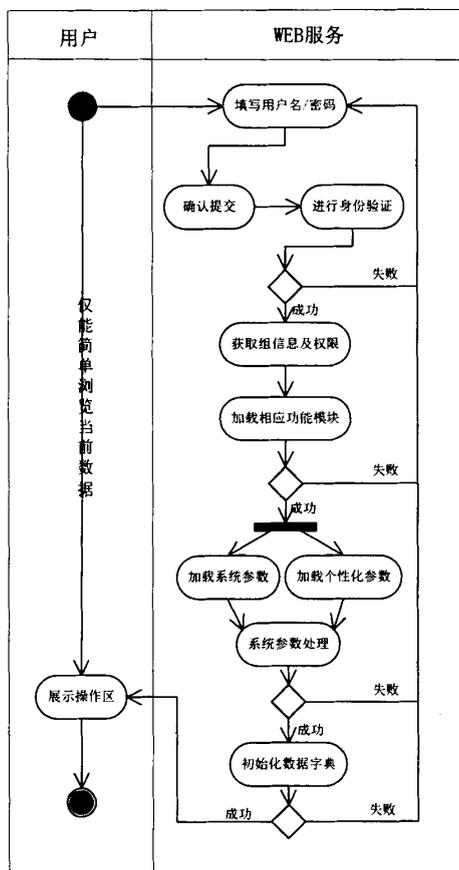


图 4-9 WEB 用户登陆活动图

#### 4.4.2 WEB 平台功能设计

WEB 平台主要针对全省各级气象用户的需求设计，用户登陆后通过 WEB 页面可进行数据查询、统计分析和下载等功能。WEB 平台的功能用例图如图 4-10 所示。

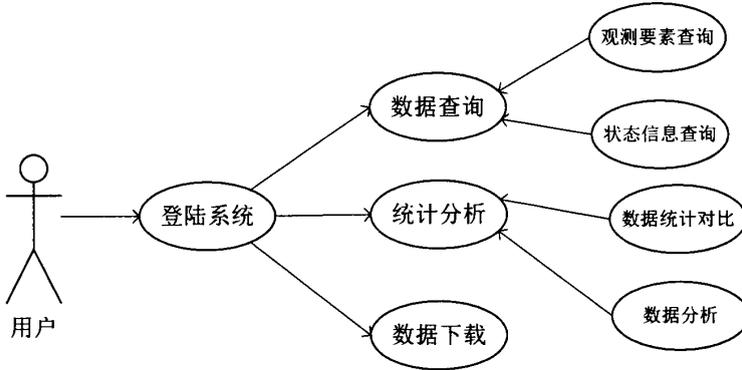


图 4-10 WEB 平台功能用例图

### 4.5 数据库设计

在系统的开发过程中，数据库的结构设计是一个非常重要的问题。我们这里所说的数据库结构设计是指数据库中各个表结构的设计，包括信息保存在哪些表格中、各个表的结构如何以及各个表之间的关系。

数据库结构设计的好坏将直接对应用系统的效率以及实现的效果产生影响，好的数据库结构设计会减少数据库的存储量，数据的完整性和一致性相比较，系统具有较快的响应速度，简化基于此数据库的应用程序的实现。

#### 4.5.1 数据库 E-R 模型设计

结合省级自动土壤水分中心站的工作实际，数据采集后传输至中心站质控后存储入数据库，在打包分发至文件目录和传输入通信系统。维护人员用过人工应急处理功能实现对中心站和数据库的操作。用户通过 WEB 页面访问数据库。其 E-R 模型图如图 4-11 所示。

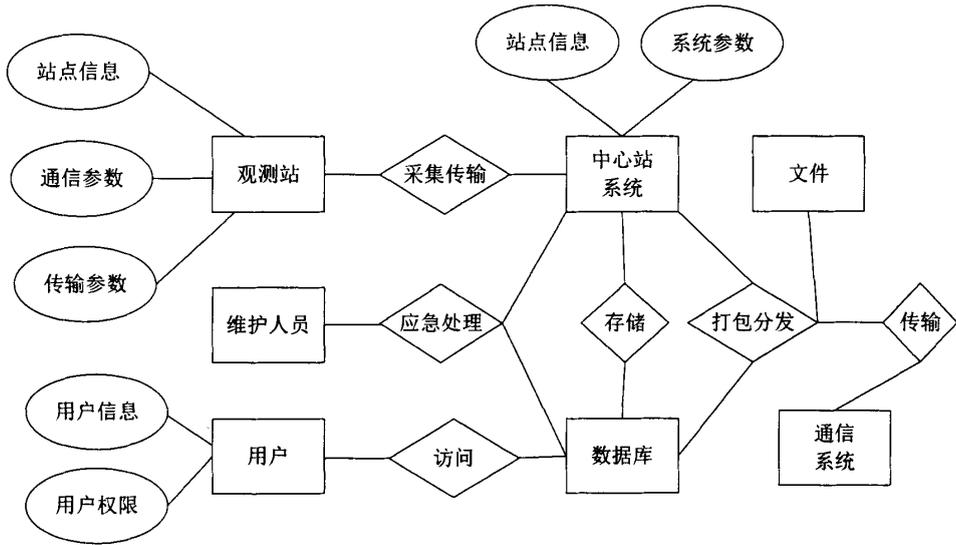


图 4-11 E-R 模型图

#### 4.5.2 数据库表结构设计

基于无线的省级自动土壤水分监测系统的数据库采用 SQL Server 2005 数据库。设计的数据库表包括用户信息表、观测站点信息表、小时数据要素实时表、分钟数据要素实时表、观测仪器分钟状态实时表、观测仪器小时状态实时表、小时数据要素历史表、观测仪器小时状态历史表。其描述如下表 4-6 所示。

表 4-6 数据库表单设计

库表名	描述
Users	用户信息表
station_common	观测站点信息表
T_soil_data_hour	小时数据要素实时表
T_soil_data_minute	分钟数据要素实时表
D_soil_data_hour	小时数据要素历史表
T_station_status_hour	观测仪器小时状态实时表
T_station_status_minute	观测仪器分钟状态实时表
D_station_status_hour	观测仪器小时状态历史表

数据表和状态表的存储管理过程设计一致，下以数据表为例作对小时数据和分钟数据的存储规范作说明。小时数据实时表中保存 30 天的数据，每天在设定的时间段将超期数据导入小时数据要素历史表后清除，小时数据要素历史表中的数据长期保存，设计每年年初通过人工方式将小时数据要素历史表中的数据导出后

压缩备份到其他存储设备中，以保证数据的安全存储。分钟数据要素实时表设计可以保存 45 天左右的数据，对分钟数据不再进行长期保存，通过每月月初（现在设定的是 5 日）的定时批处理程序将上一月的分钟数据导出压缩后本地存储之后清除。通过此种设计，可以有效地提高系统的实时响应速度，保证数据及时正常传输及快捷的对数据应急处理。

### 1. 用户信息表设计

用户信息表设计为存储用户通过网络访问时的登陆用户名、密码、权限、用户登陆时间、备注信息等信息要素。其详细设计如下表 4-7 所示。

表 4-7 用户信息设计详表

名称	字段名称	类型	大小	非空	描述
编号	ID	float	8		
用户名	UserName	nvarchar	20		
密码	UserPwrd	nvarchar	20		
权限	Roles	float	8		
登陆时间	LastLoginTime	malldatetime	4		
备注信息	Memos	ntext	16		

### 2. 观测站点信息表设计

观测站点信息表设计存储观测站的站号、仪器类型、台站名称、经度、纬度、海拔高度、测量地段、使用情况、通信网络、通信方式、轮询间隔、无线通信标识、电话号、传输目录、时间间隔、考核站选择，文件级存储目录；八层每一层通过人工测定的土壤类型、土壤容重、田间持水量、凋萎湿度、深度（厘米）、订正值和在网站中应用的曲线类型参数等基本信息。其详细设计如下表 4-8 所示，其中标注为（1-8）的指在实际库表中分 8 段分别表示各层人工测定的要素。

表 4-8 观测站点信息设计详表

名称	字段名称	类型	大小	非空	描述
站号	Station_ID	varchar	8	N	
站名	Staname	char	8	N	
仪器类型	Station_style	char	20	N	
经度	Longitude	Float	8		
纬度	Latitude	Float	8		
海拔高度	Altitude	char	8		
使用情况	Station_used	smallint	2		1:使用；0:暂停

表 4-8 观测站点信息设计详表（续表）

通讯标识符	Identifier	char	20		
电话号码	telephone	char	20		
通讯网络	Net_select	smallint	2		1:GPRS; 2:局域网
通讯方式	Comm_mode	smallint	2		0:外站自动发送; 1:主站轮询
是否上传	Upload_or_not	smallint	2		0:不上传 1:上传
上传间隔	Upload_interval	smallint	2		
上传文件目录	Upload_filepath	char	20		
文本文件存储目录	Txt_filepath	char	20		
数据中心 FTP/TFTP 服务器 IP 地址	Data_center_ip	char	20		
端口号	Data_center_port	char	10		
上传目录	Data_center_filepath	char	20		
网络中心 FTP/TFTP 服务器 IP 地址	Net_center_ip	char	20		
测量地段	Measure_zone	Char	10		
串口通讯方式	Comm_number	char	20		
通讯间隔	Comm_interval	char	10		GPRS/局域网共用
传感器埋设深度(1-8)	Embedded_depth_(1-8)	Char	10		单位厘米
传感器使用情况(1-8)	Sensor_used_(1-8)	Char	10		“启用”,“停用”
传感器订正值(1-8)	Correction_value_(1-8)	Char	10		
曲线类型(1-8)	Curve_style_(1-8)	Char	10		“自定义”,“默认”
土壤质地(1-8)	Soil_texture_1	char	10		
土壤容重(1-8)	Soil_bulk_denslty_(1-8)	real	10		
田间持水量(1-8)	Field_capacity_(1-8)	real	10		
凋萎湿度(1-8)	Fade_Moisture_(1-8)	real	10		

### 3. 数据表设计

小时数据要素实时表、分钟数据要素实时表和小时数据要素历史表三个库表中的存储要素设计一致。包括观测站区站号，站名、观测日期，观测时间和共 8 层土壤的观测数据即每一层的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量。其详细设计如下表 4-9 所示，其中标注为（1-8）的指在实

际库表中分 8 段分别表示各层要素。

表 4-9 数据要素设计详表

名称	字段名称	类型	大小	非空	描述
站号	Station_ID	varchar	8	N	
站名	Staname	char	8	N	
日期时间	Date_Time	datetime	8	N	
体积含水量 (1-8)	volume_water (1-8)	real	4		
相对湿度 (1-8)	Humidity (1-8)	real	4		
重量含水率 (1-8)	weight_water (1-8)	real	4		
水分贮存量 (1-8)	water_stockpile (1-8)	real	4		

#### 4. 状态表设计

观测仪器分钟状态实时表、观测仪器小时状态实时表和观测仪器小时状态历史表三个库表中的存储要素设计一致。包括观测站区站号，观测日期，观测时间、使用情况、网络状态、电源电压、数据观测情况、各层传感器状态和采集器状态。其详细具体设计见下表 4-10 所示。

表 4-10 状态信息设计详表

名称	字段名称	类型	大小	非空	描述
站号	Station_ID	varchar	8	N	
站名	Staname	char	8	N	
台站类型	Station_style	char	20	N	
日期时间	Date_Time	datetime	8		
使用情况	User_or_Not	smallint	2		1: 使用; 0: 停用
网络状态	Net_link	smallint	2		1: 连接; 0: 断开
电源电压	Power_volt	real	4		
数据缺测状态	Data_lose	smallint	2		1: 缺测; 0: 完整
最新一条记录时间	New_time	datetime	8		
1# 传感器状态	Sensor1_status	smallint	2		0: 正常; 1: 故障; 2: 停用; 3: 未装;
2# 传感器状态	Sensor2_status	smallint	2		
3# 传感器状态	Sensor3_status	smallint	2		
4# 传感器状态	Sensor4_status	smallint	2		
5# 传感器状态	Sensor5_status	smallint	2		
6# 传感器状态	Sensor6_status	smallint	2		
8# 传感器状态	Sensor8_status	smallint	2		
采集器状态	Host_status	smallint	2		0: 正常; 1: 故障

## 第 5 章 系统实现与测试

### 5.1 自动土壤水分观测站点建设

山东省的自动土壤水分观测站建设主要是设置分布于全省各地的自动土壤水分观测仪，实时采集当地的土壤水分数据及传感器状态，并进行存储、传输。根据中国气象局土壤水分观测仪的设计要求的技术指标，本系统选用 DZN1 型自动土壤水分观测仪。

此设备是应用 FDR 原理的土壤水分测量传感器和总线式数据采集的自动化土壤水分测量设备。有采集器、传感器、电源模块和通信模块四部分组成。可实时自动监测各层的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量及设备的运行状态信息，并自动传输的数据。

#### 5.1.1 观测站建设选址

对观测站点的地段选择，充分考虑仪器安装地点对于当地土壤类型、地貌、地质条件的代表性及观测地段一经确定不得随意改变以保持土壤水分观测资料的一致性和连续性，优先在棉、粮主产地开展自动土壤水分观测站建设。地段确定遵循以下几个条件。

1、所选地段土壤应能够代表本地区的主要土壤类型，须尽量选择在地势平坦、能代表本地区自然环境下土壤水分变化特征的地块，山丘地区应避免选取沟底、山顶、斜坡和积水洼地等地块。

2、所选安装地段距离建筑物、道路（公路和铁路）、水塘等须在 20 米以上，远离河流、水库等大型水体。

3、作物观测地段，种植面积一般不小于 0.1 公顷。

4、固定观测地段，面积一般不小于 10m×10m；仪器安装位置必须为自然下垫面，有较厚的自然土壤，而非回填土。

#### 5.1.2 观测站建设实现

建设观测站时，传感器安装点向北 18CM 处挖安装剖面，剖面大小 1.2 米×0.7

米×1.1 米，挖土同时在各安装层次进行环刀取土,用于测定土壤容重。在土壤剖面上根据各传感器安装层次确定各层传感器的安装定位点。使用专用土钻以各传感器安装定位点为中心，沿与土壤剖面垂直方向做安装孔，安装孔的深度为 18 厘米。使用专用的电木底座将传感器插入安装孔。将各传感器接入数据采集器，联机检查正常后再进行土壤回填工作。观测站建设完成后如图 5-1 所示。

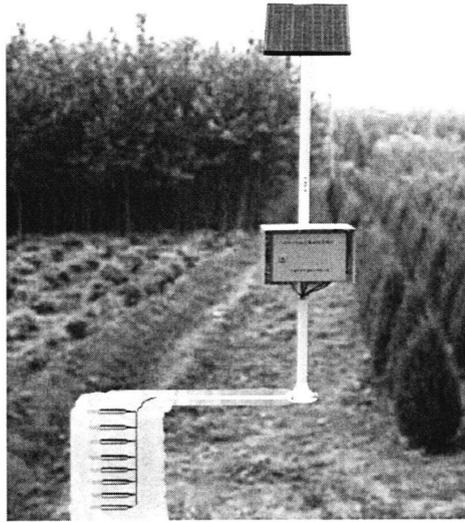


图 5-1 DZN1 自动土壤水分观测站

观测站建设完成后实现数据采集、数据处理、数据存储、显示及键控、数据通讯等功能，其详细功能实现说明如表 5-1 所示。<sup>[28]</sup>

表 5-1 DZN1 自动土壤水分观测站功能实现详表

功能模块	详细说明
数据采集	该观测仪实时自动采集土壤水分数据，每隔 1 分钟读取测量结果，每 10 个测量数据的算数平均作为该 10 分钟的观测值，每 6 个 10 分钟观测值的算术平均作为该小时观测平均值。
数据处理	以测量的土壤水分体积含水量为基础，根据预先输入的被测土壤参数，按照相关公式计算出土壤重量含水率、相对湿度、土壤水分有效贮存量。
数据存储	内有标准 CF 卡，存储 60 天整点的测量数据和平均数据，以备随时查询。
显示及键控	从显示器上可以直接读取当前采集数据，可通过显示面板设置或修改日期和时钟。
数据通讯	观测仪可通过串行通讯口接到上位终端机上，按照既定的通讯协议，上位机可以读出观测仪的测量数据和存储数据；设置观测仪所需的参数；设置观测仪的通讯方式和自动发送数据的时间间隔；为观测仪对时等。

## 5.2 通讯网络建设

各站点自动土壤水分观测数据基于集约化管理模式，数据采集后通信传输采用无线 GPRS 通讯方式集中传输至省级数据监测系统，本地不再进行和计算机的直连。数据通过 GPRS 通信的流程设置。无线通信网络由运营商提供，本系统不再对此实现过程进行详细描述。

GPRS 数据传输模块安装在各监测网子站的仪器箱内，是 GPRS 数据传输的主要部件，该模块可以自动与中心站计算机进行网络连接。其建设技术要求如表 5-2 所示。

表 5-2 GPRS 数据传输模块技术指标表

参数	指标
数据接口参数	接口类型: RS232 数据位: 8 停止位: 1 校验位: 无 流控: 无 速率: 300/1200/2400/4800/9600/19200/57600 可设 数据传输方式: 透明传输/协议传输
电源参数	直流电压: DC12V 工作电流: 待机模式: 20mA, 传输模式: 26mA
组网	支持 INTERNET 互连, 并保持双向数据传输 IP 直接寻址 永远在线/网络唤醒
传输效率	用户数据传输效率: 最大传输效率(w) >98% 稳定性: 断线自动连接, 自动检测网络连接状况, 设备自诊断、自恢复。
工作环境参数	工作温度: -40℃~55℃ 相对湿度: 95%(无凝结)

## 5.3 省级自动土壤水分中心站实现

### 5.3.1 参数管理模块实现

系统参数较多，在系统实现时采用分页面配置。包括台站参数设置、系统参数设置和上传参数设置三个页面进行配置。系统管理人员有权对台站参数进行添加、删除、修改和保存操作。台站参数设置界面如图 5-2 所示。系统管理人员有权系统参数设置和上传参数进行配置和修改操作。



图 5-2 台站参数设置界面截图

### 5.3.2 数据处理模块实现

数据处理模块承担着省级自动土壤水分中心站日常的主要业务。其功能是对自动土壤水分的各种数据分类别进行收集、质控、存储、打包、分发、传输等处理。

#### 1. 数据处理的实现

从观测仪采集后生成的土壤水分数据有四种，分别是小时观测数据、分钟观测数据、设备分钟状态信息和小时状态信息。小时数据是指在整点观测的数据。分钟数据目前的是指其从整点起每间隔 10 分钟观测的数据，其时间间隔可由中心站远程配置，最高可设置为 1 分钟间隔。每种数据的处理流程各不相同。

##### (1) 要素观测数据处理实现

要素观测数据包括小时观测数据和分钟观测数据，其内容包含单位时间内探测的土壤水分要素值。

小时观测数据的处理流程，所有观测站在统一在整点后进行数据采集，所有观测站均由中心站统一进行时钟校对，避免了出现时钟不一致情况。把采集后的

各层土壤水分信息包括土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量，过网线网络实时传输至中心站。中心站首先对获取的数据各个要素进行质量控制，通过质量控制的信息对应信息包内所含无线通信标识码结合观测站基本信息进行入数据库存储，未通过质量控制的要素设为该要素缺测也入数据库存储。之后进行数据打包处理即将数据库内当时次信息导入 TXT 文件形成，其文件名必须为国家统一规范的单站文件名格式，其文件内容包括各层土壤的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量气象要素数据，内容格式也必须符合国家统一要求。将文件放入传输接口目录中，通过 FTP/TFTP 方式传输至对应的接口目录内并进行回执检查。其数据处理流程图如下图 5-3 所示。

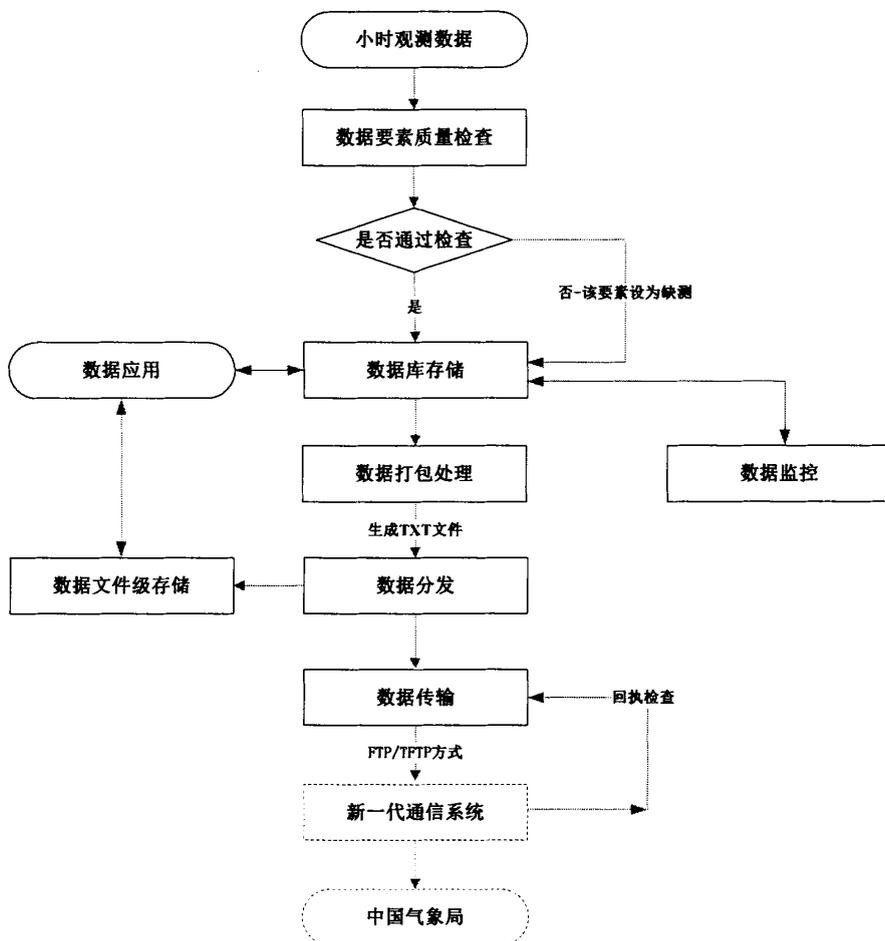


图 5-3 小时观测数据处理流程图

土壤水分小时观测传数据采集传输都设有固定时间，期间由探测设备和通信网络的运行不稳定性造成的数据缺测。虽然在业务考核中数据传输时效已认为缺报即时间超过 1 小时，但基于数据的连续性原则，软件每小时定时检查所有台站本时次前推 24 小时内的小时数据是否缺报，如有缺报自动向观测站发出数据补要信息，若观测站有数据可实现缺报数据的自动补收入库工作但不再进行数据传输工作。因此在系统没有出现大的故障的情况下，一般不需人工检查和干预系统运行，减少工作量。

分钟观测数据的处理流程，分钟观测数据和小时观测数据前期处理基本一致。中心站软件接收到台站采集的分钟观测数据，通过要素质控对后将数据入库保存后不再进行之后的数据处理工作。分钟观测数据不参与上行传输和文件级保存，仅存储在数据库中，用户通过中心站或网络平台实现分钟观测数据的查询、监控及应用。其数据处理流程图如下图 5-4 所示。

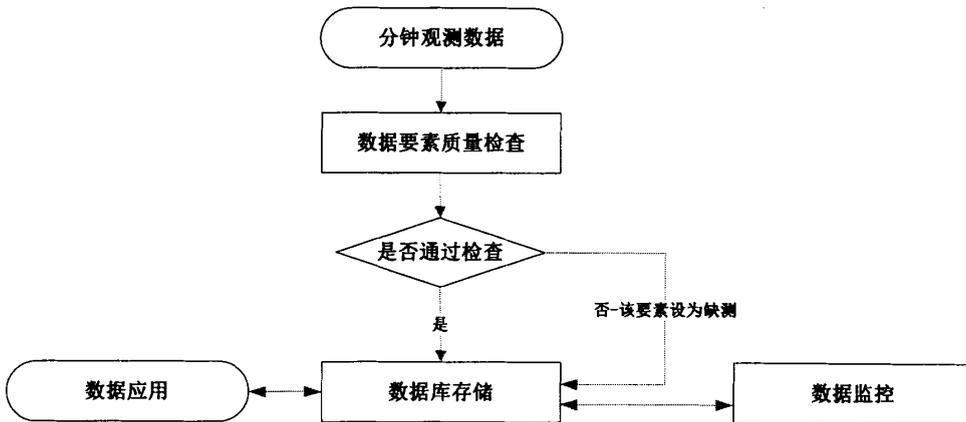


图 5-4 分钟观测数据处理流程图

## (2) 状态信息处理实现

土壤水分设备状态信息仅用于对观测站网络、设备电压等状态信息进行实时监控和入库存储，均不进行文件传输。小时状态信息采集后传输至中心站存储模块，根据对应信息包内所含无线通信标识码结合观测站基本信息将各台站的小时状态信息写入小时状态实时表内供查询统计应用，通过打包处理模块将信息追加入台站状态月文件（TXT 文件）中，进行文件存储。分钟状态信息的处理流程一致，仅不做文件级存储。小时状态信息处理流程如下图 5-5 所示。

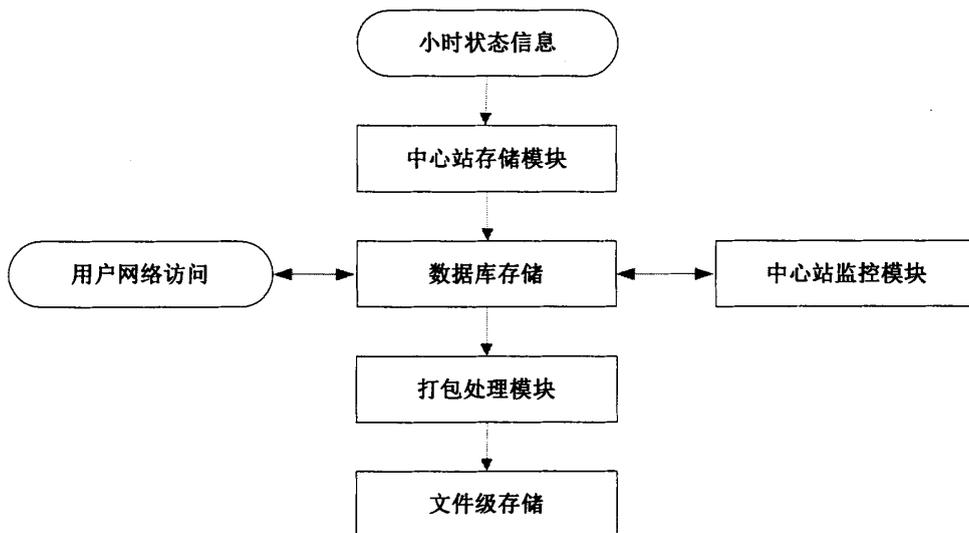


图 5-5 小时状态信息处理流程图

## 2. 数据质量控制的实现

系统的实际业务要求，对数据质量控制的采用极值检查，剔除绝对错误要素将其设为缺测，不影响传输及时率。质控流程图如下图 5-6 所示。

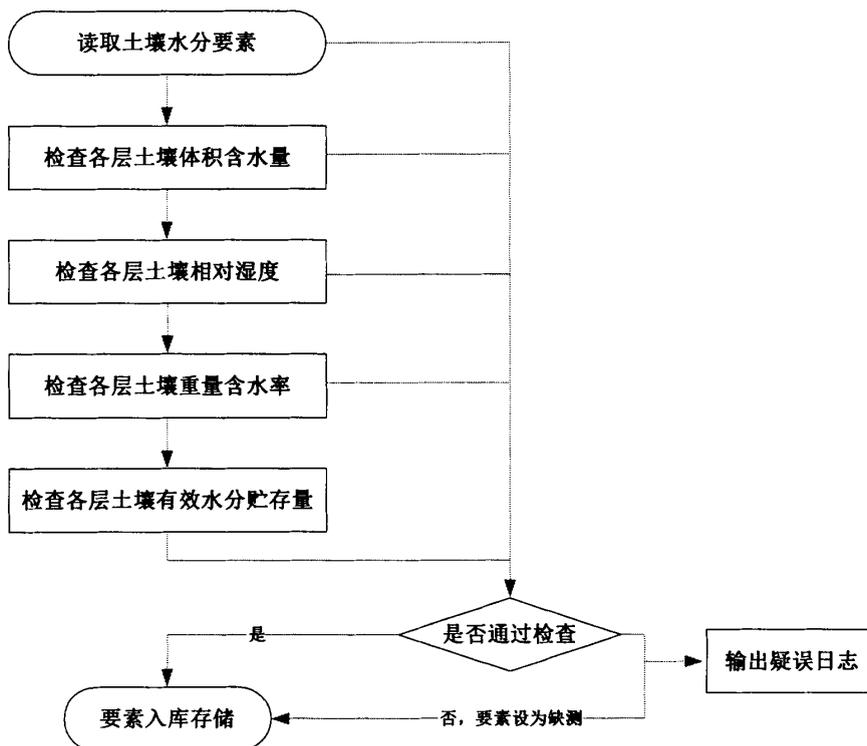


图 5-6 土壤水分要素质量检查流程图

自动土壤水分观测仪中分八层对 10-100 厘米深各层的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率、土壤有效水分贮存量进行探测，第一层为 10cm、第二层为 20 cm、第三层为 30 cm、第四层为 40 cm、第五层为 50 cm、第六层为 60 cm、第七层为 80cm、第八层为 100 cm，小时数据和分钟数据要素相同。

### 3. 数据存储

本系统中实现数据存储分为数据库存储和文件级存储两类。数据库存储包括所有信息和数据的存储。文件级存储仅包括小时观测数据和小时状态信息。

参与数据实时处理的数据库表包括观测站点信息表、小时数据要素实时表、分钟数据要素实时表、观测仪器分钟状态实时表、观测仪器小时状态实时表。软件根据采集信息内的标示符和观测站点信息表内的标示符比较得出采集信息所属台站，据此将采集信息和对应的台站信息写入对应的库表中保存。

小时观测数据文件级存储，由于文件个数较多，采取区站号、年、月三级目录存储，方便查询。小时状态信息，采取按年存储的方式，简单直观、方便调用。

### 4. 数据打包

数据打包功能是实现将小时、分钟观测数据和小时状态信息的生成 TXT 格式文本文件。其中小时状态信息打包处理是软件月底生成所有台站各一份 TXT 文件，为下月单站月状态文件。从后个台站每小时的状态信息实时追加入对应月份的状态文件中。

小时观测数据的打包是将存储在数据库内的数据要素和对应的台站信息，按照《中国局自动土壤水分传输规范》的要求每一观测站资料每一时次生成一份 TXT 格式文本文件。文件内容要求包括区站号、纬度、经度、地段海拔高度、各层土壤水分层次标示及相关湿度数据；共 106 组每组用 1 个半角空格分隔共 486 字节，分别记录每小时土壤水分数据；文件结尾处加“NNNN<CR><LF>”表示文件结束。文件名按要求为“Z\_AGME\_I\_IIiii\_yyyymmddhhMMss\_O\_ASM-FTM.txt”格式。

以下是数据生成文本文件的源代码设计。

```
Public Sub Save_to_txt(TzNum As Integer)
Dim s1 As String * 198
Dim i As Integer
Dim k As Integer
Dim pd As Date
```

```

Dim s As String
Dim SavePath As String
Dim filename As String
Dim filenum As Integer

On Error Resume Next

SavePath = Tzcs(TzNum).CPml
If VerSavePath(SavePath) = False Then Exit Sub
If Minute(Tzsj(TzNum).SjSj) = 0 Then
'存正点数据
    pd = Tzsj(TzNum).SjSj + 3 / 24
    filename = SavePath + "\S" + Tzcs(TzNum).TzNum + "-" + Format(pd, "yyyymm") + ".txt"
    If Dir(filename, vbNormal) = "" Then
        Call CreatNewsFile(TzNum, filename, pd)
    End If
    s = Format(Tzsj(TzNum).SjSj, "DdHh")
    For i = 0 To 7
        If Tzcs(TzNum).Bs(i) <> 0 Then
            s = s + Format(Int(Tzsj(TzNum).S_Tjhsl(i) * 10 + 0.5), "@@@@") +
Format(Int(Tzsj(TzNum).H_Tjhsl(i) * 10 + 0.5), "@@@@")
            s = s + Format(Int(Tzsj(TzNum).S_Xdsd(i) * 10 + 0.5), "@@@@") +
Format(Int(Tzsj(TzNum).H_Xdsd(i) * 10 + 0.5), "@@@@")
            s = s + Format(Int(Tzsj(TzNum).S_Zlhl(i) * 10 + 0.5), "@@@@") +
Format(Int(Tzsj(TzNum).S_Sfzcl(i) + 0.5), "@@@@")
        Else
            s = s & String(24, "-")
        End If
    Next i
    s = s & Chr(13) & Chr(10)
    If Len(s) <> 198 Then
        Call LogError(Len(s), Tzcs(TzNum).TzBasic.TzNum & "S 文件长度错误")
        Exit Sub
    End If
    s1 = s
    filenum = FreeFile()
    Open filename For Random As #filenum Len = 198
    k = Day(pd) * 24 + Hour(pd) - 19 - 3
    Put #filenum, k, s1
    Close #filenum

    Slog = Format(Now, "yyyy-mm-dd hh:nn:ss") & " " & Tzcs(TzNum).Tzmc & "站 数据存
入文本文件"

```

```

Call Write_Log_File(Slog)
End If
End Sub
    
```

### 5. 数据传输

将打包后的文件分发至传输接口目录中，读取系统传输参数，系统设定在整点后 3 分钟检查接口目录中是否存在文件，有则通过 FTP 方式传输至省局新一代通信系统接口目录下内再传输至中国局，传输完成后调取新一代通信系统的接收回执和传输接口目录中文件进行比较，若一致则清除该文件,若不一致则保留该文件，保证有效性传输。软件设计在整点后 3 分钟、7 分钟、26 分钟和 55 分均进行一次上述操作，保证信息正常传输成功。

#### 5.3.3 远程控制模块实现

本系统实现在各台站不做参数管理，所有需要进行的配置均在省级中心站统一配置。中心站软件实现对观测站仪器基本参数、传输参数的远程配置和时钟校对。界面如下图 5-7 所示。

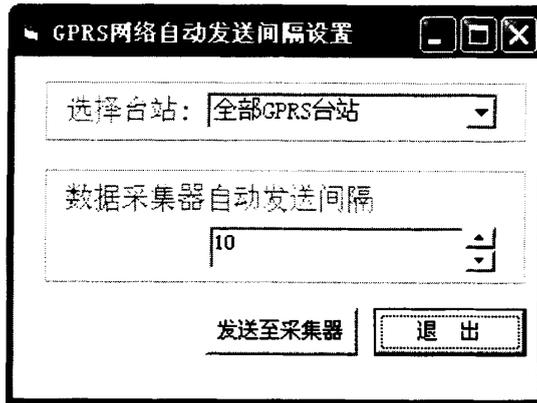


图 5-7 传输间隔设置界面截图

以下是远程配置时间间隔源代码设计。

```

Private Sub Command1_Click()
Dim s As String
Dim TZN As Integer
Dim i As Integer
Dim J As Integer

On Error Resume Next
    
```



```

        If s <> "" And HDF_MAIN.Winsock1(TZSTATUS(J).Socknum).State = 7 Then
            HDF_MAIN.Winsock1(TZSTATUS(J).Socknum).SendData s
            wait (0.5)
        End If
        Tzcs(J).SsREADINTERVAL = Val(Text1.Text)
    End If
End If
Next i
End If
Call Savecs
End Sub
    
```

时钟校准设计为省级中心站系统每小时自动向各监测站发送指令，对监测站的日期和时间进行校准，确保监测站的时钟的准确，月累计误差<30s。也可以手动控制各监测站进行校正时间操作。

### 5.3.4 人工处理模块实现

省级自动土壤水分监测系统建成后，自动土壤水分数据采集后通过省级中心站传输至中国气象局。中国局对其传输情况每月进行传输质量考核。依靠系统软件之前设计的自动补要数据过程，仅能满足数据连续性的部分需求，无法满足实际业务中对数据传输高及时率的要求。因此，设计了应急处理模块，实现通过人工处理各种状况，提高数据传输及时率。此模块的设计主要针对小时数据，分钟数据不做人工处理。

#### 1. 人工补要数据

人工补要数据是根据采集仪器采集到数据，但由于网络或中心站系统的原因，中心站未接收到数据的情况设计的。采集器一般可以保存 60 天左右的小时数据。通过单站号，补要时间段的选择确认后，中心站生成补要信息包发送至对应的观测站，采集器接收到信号后若有数据将对应数据再次传输中心站，补要成功后显示更新的数据要素详情，若无数据返回空包中心站接收后提示“采集器无数据”。

在工作实践中发现当因中心站系统的原因造成大面积资料缺收时，人工单站数据补要工作量巨大、时间需求较长，无法在规定的传输时效内完成所有数据的补要传输。根据上述问题，在中心站中实现人工批量补要数据功能。可以根据自动检测当前时次数据接收情况，将需补要数据的所有站号选定；也可以通过人工

勾选的方式选定站号，之后一键式发送。即系统将各站点的补要信息循环发送，系统不再进行是否补要成功的确认以节省时间，从而实现大量的数据及时补要

以下是人工批量补要数据循环发送源代码设计。

```

If Minute(Now) > 58 Or Minute(Now) < 1 Then
    respond = MsgBox("数据采集器正在进行整点存盘,请过了整点后再补要数据!", 64, "提示!")
    Exit Sub
End If
If Tznumber = 0 Then
    Exit Sub
End If

For k = 0 To Check1().UBound
    If Check1(k).Value = 1 And Check1(k).Visible = True Then
        For i = 0 To Tznumber - 1
            If Check1(k).Caption = Tzcs(i).TzNum Then
                J = i
            End If
        Next i
        s = Creat_Zdby_Commond(J)
        If s <> "" Then
            HDF_MAIN.Winsock1(TZSTATUS(J).Socknum).SendData s
            wait (0.1)
        End If
    End If
Next k
    
```

## 2. 手动传输

手动传输是根据以下两种情况设计的。

(1) 自动土壤水分数据已生成 TXT 文件，在传输接口目录下堆积不能自动传输。

(2) 自动土壤水分数据通过人工补要的方式收集成功后，数据要素在数据库中，系统不再进行自动打包传输处理和文件级存储。

针对上述两种情况设计了手动传输界面，如下图 5-8 所示。可以对需传输的台站是全部台还是单个台站进行选择确认，同时对需传输的时次进行选择确认，之后选择生成并发送上传文件按钮，发送成功后返回手动“生成上传文件并发送完成!”的提示。生成报表 Z 文件按钮，是新建观测站已开始运行但其观测数据还没有

和人工观测进行比较确认，其数据信息不进行传输但需进行文件级存储时选择。

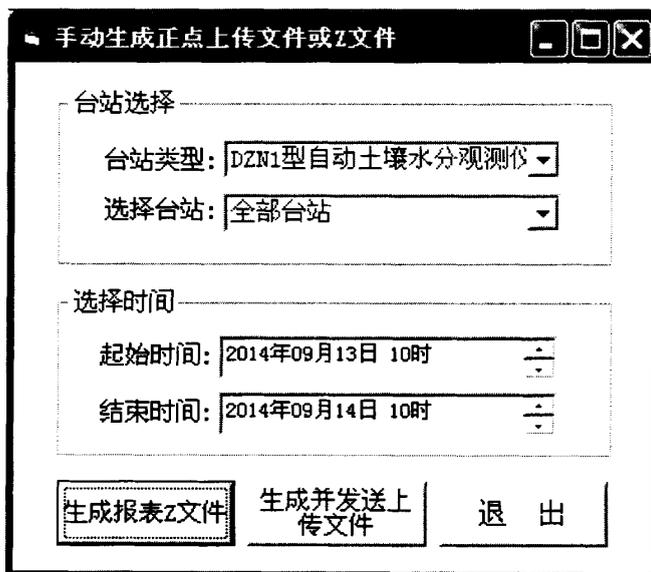


图 5-8 手动传输界面截图

以下是实现生成并发送上传文件过程的源代码设计。

```

Dim cdt As Date
Dim bt As Date
Dim et As Date
Dim C1 As Integer
On Error Resume Next
J = 201
If Tznumber > 0 Then
    For i = 0 To Tznumber - 1
        If Combo1.Text = Tzcs(i).TzNum And Combo2.Text = Tzcs(i).Tzlx Then
            J = i
        End If
    Next i
End If
If J = 201 And Combo1.Text <> "全部台站" Then
    respond = MsgBox("台站选择错误，请检查!!", 64, "提示!")
    Exit Sub
End If

bt = Format(DTPicker2.Value, "YYYY-MM-DD HH:00:00")
et = Format(DTPicker1.Value, "YYYY-MM-DD HH:00:00")

If bt > et Then
    
```

```

    respond = MsgBox("起始时间应小于或等于结束时间,请检查!", 64, "提示!")
    Exit Sub
End If

MousePointer = 11

If Combo1.Text = "全部台站" Then
    For J = 0 To Tznumber - 1
        For C1 = 0 To Int((et - bt) * 24)
            cdt = Format(bt + C1 / 24, "YYYY-MM-DD HH:00:00")
            Call CREAT_scwj_from_datebase(cdt, J, 0)
        Next C1
    Next J
Else
    For C1 = 0 To Int((et - bt) * 24)
        cdt = Format(bt + C1 / 24, "YYYY-MM-DD HH:00:00")
        Call CREAT_scwj_from_datebase(cdt, J, 0)
    Next C1
End If
Dim send_Flag As Boolean
send_Flag = False
send_Flag = FTP/TFTP_send
respond = MsgBox("手动生成上传文件并发送完成!", 64, "提示!")
MousePointer = 0
End Sub

```

### 3.人工入库

此功能设计主要针对数据库故障回复后，库内观测数据不全，而文件级存储的文本文件齐全设计的。通过确认台站站号和时间段，从文件级存储目录下获取所需文件，按照文件打包的反过程将各层数据读取后写入对应库表中，从而保证自动土壤水分数据的连续性。

### 5.3.5 实时监控模块实现

此模块的功能是要求实现对省级自动土壤水分监测系统整体运行情况的集中反映。实现将收集到的台站运行信息、无线通讯在线状态、数据实时接收情况，小时数据缺测情况等信息在中心站软件主界面中集中展示，便于系统运维人员人机交互，及时判定问题情况。实时监控模块是在实际系统运行中，系统运维人员人机交互最多的模块，因此通过直观的信息展示、不同颜色区分，简单明了的显

示了整个系统的运行情况。中心站系统运行主页面如图 5-9 所示。

在 GIS 地图中可显示全部已参数管理完成的台站位置和名称，名称用红色表示当前时次该站小时数据正常接收，用黑色表示当前时次该站小时数据未接收。

在连接监控中以数字的方式表示当前网络中在线台站个数。

台站运行监控中实现对台站整体监控，显示所有台站的最新观测数据时间、网络状态、电压状态、小时观测数据 24 小时内收集情况，软件用颜色表示绿色正常、红色异常。单站数据监控实现单站最新数据信息展示，包括观测数据和状态信息。

无线通讯在线状态通过显示线路占用情况和使用台站区站号来监控线路使用情况。

未识标示符监控通过是否有未识别标示符显示，来对新台站接入或台站更换通信模块进行控制。

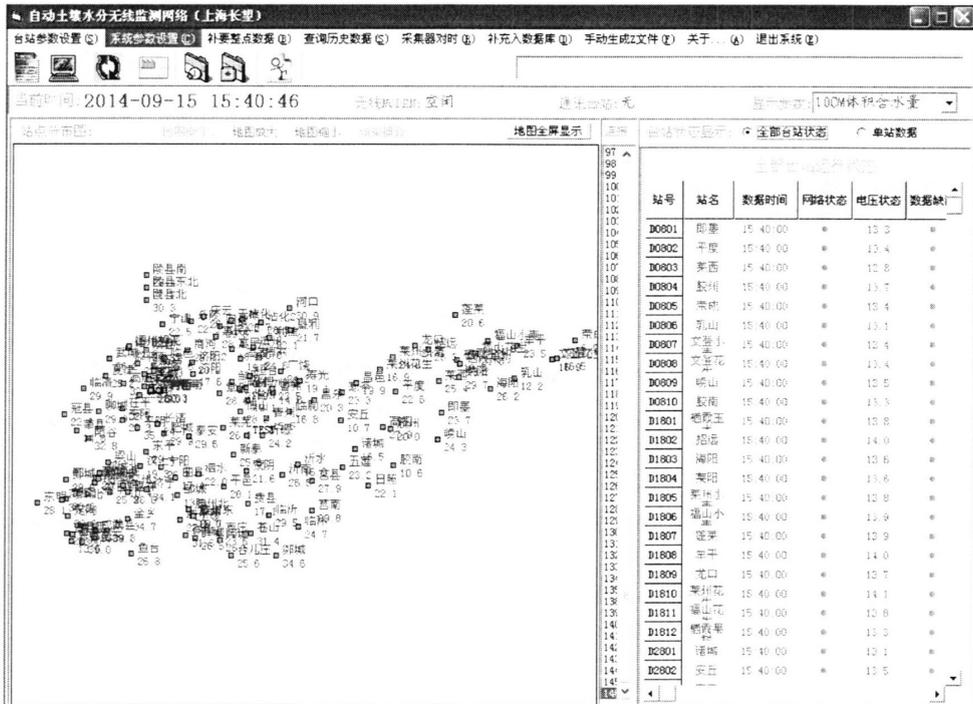


图 5-9 中心站监控主界面截图

## 5.4 自动土壤水分监测网络平台展示

自动土壤水分监测网络平台采用 WEB 网站的形式，全省局域网内用户可以通过该网站监控台站运行、浏览、下载数据、统计分析历史数据、生成全省土壤水分变化图。该网站服务器位于省气象局内网，仅供气象部门人员使用。该平台通过对用户进行权限控制。对不同的用户开放不同的功能子系统，提供不同的权限。WEB 页面如图 5-10 所示。



图 5-10 WEB 页面截图

### 5.4.1 实时信息监控功能

可实现监控当前台站实时观测数据和实时状态信息。通过颜色区分正常和异常。数据自动更新。蓝色正常，红色异常。此功能主要针对各级设备维护人员，对土壤自动观测设备进行日常巡检，通过状态信息的浏览查询可以直观反映硬件设备运行状态情况可实现对异常状态信息的及时发现进行维护。对土壤自动观测数据的实时浏览查询，可实现通过曲线图的方式对传感器设备进行巡检。传感器深埋的各层土壤中，仅通过传感器设备运行状态信息不能全面的判定其是否正常，有时其工作状态正常但探测的土壤信息通过采集器处理后土壤要素异常，又在质控范围内，此类问题较隐蔽。通过查询实时数据的曲线图的变化方式，检查各类

土壤要素观测值是否存在异常数据，来实现对设备的异常维护。

### 1. 实时观测数据监控

用户通过网站对台站实时观测数据进行监控，通过对实时显示观测网内的全部台站当前的体积含水量、土壤相对湿度、重量含水率、水分贮存量等观测数据。以地图的方式通过选择确定需查询的土壤水分层和要素实现实时显示观测网内的全部台站当前时次的要素数值，红色表示此要素缺测。选择完成查询条件后，在地图上点击需监控的台站点，在网页右侧显示本站的当前最新的全部观测信息，也可以通过曲线的方式实现对当前台站的各层土壤要素的整体监控，

其设计是用户登陆网站后，根据当前时间实时调用分钟或小时数据实时表的所有信息加载到临时表中。再根据用户的条件选择进行显示。

### 2. 实时状态信息监控

用户通过网站对台站实时状态信息进行监控，以地图的方式通过选择确定需查询的状态要素实时显示观测网内的全部台站当前的状态要素的状态，包括网络状态、电源电压、数据缺测状态、最新记录时间、各传感器状态、采集器状态、使用情况等信息。在地图上点击需监控的台站点，在网页右侧显示本站的最新传输的全部状态信息，包括台站经纬度、海拔高度、使用情况、网络状态、电源电压、数据缺测状态、最新记录时间、各传感器状态、采集器状态等信息。

## 5.4.2 历史数据查询功能

功能是实现用户对台站历史观测数据和历史状态信息的查询。其历史信息仅指小时观测数据和小时状态信息，不包括分钟类的信息。

### 1. 历史数据查询

查询方式可分为单站多要素查询和多站单要素查询，时间段可自由设定；查询数据的显示方式可分为表格和曲线两种方式。数据查询的同时，可进行数据统计。统计极值及出现时间出现台站。如图 5-11 所示，可直观查询到章丘站 9 月 2-12 日的所有小时观测数据和极值出现的情况，为干旱监测和墒情监测提供数据服务，也可以通过曲线图按日查看单站自动土壤水分要素观测情况。

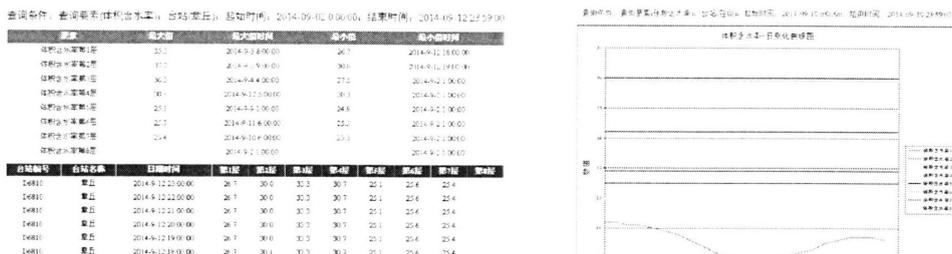


图 5-11 历史数据查询截图

## 2、历史状态查询

历史状态查询，以表格的方式查询台站的历史状态，便于用户检查仪器运行情况。用户设定查询条件后，系统通过观测站点信息表、观测仪器小时状态实时表和观测仪器小时状态历史表进行联合查询，获取的小时状态信息通过表格的形式展现。如图 5-12 所示。



图 5-12 历史状态查询图

### 5.4.3 统计分析功能

该功能主要面向土壤水分数据的应用。可以比较同期多站数据、单站不同期数据。如图 5-13 所示。

- 1、历史数据统计查询，以单站或多站的方式统计台站（单站或多站）在选定时间段内的极值和平均值，便于用户对多个台站同期数据的统计和对比。
- 2、统计数据对比查询，对单个台站在选定两个指定时间段内（按日、月、年为单位）的平均值进行对比查询，便于用户对台站历史同期变化的统计和对比。



图 5-13 数据对比图

### 5.4.4 数据下载功能

可实现对用户查询、统计对比到的数据下载本地计算机内，即将用户查询到相关数据从临时表或数组中导入 EXCEL 表格中保存。便于用户此数据的应用保存及二次分析，或进行一些模式的运算研发。如图 5-14 所示。

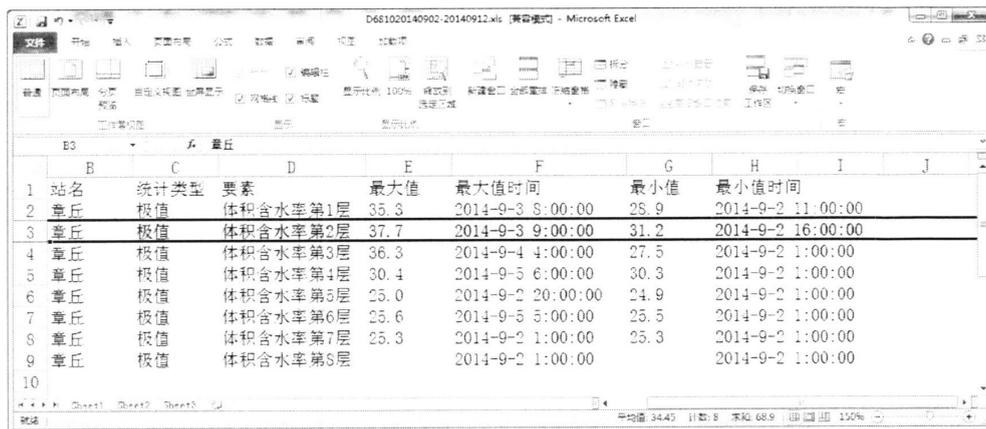


图 5-14 EXCEL 表截图

### 5.4.5 生成全省土壤水分分布图

用户可以按日、月、年等时间单位制作全省的土壤水分监测情况分布图，并使用此功能制作相应的气候和农业服务产品，如“土壤水分监测公告”、“棉花生产气象服务简报”等服务产品。如图 5-15 所示。

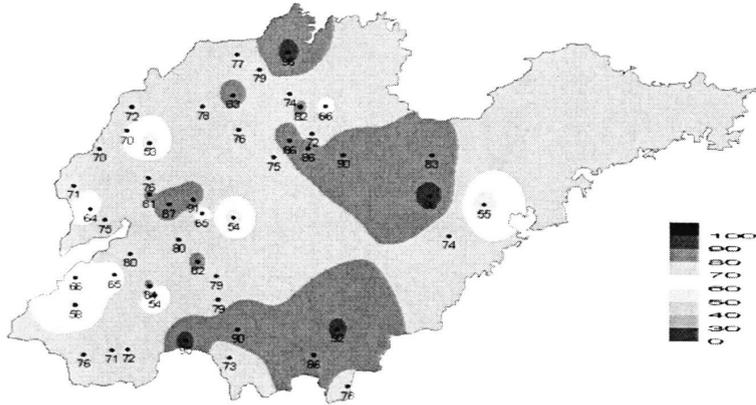


图 5-15 全省的土壤水分分布图

## 5.5 系统测试

系统测试，是将已经确认的软件、计算机硬件、外设、网络等其他元素结合在一起，进行信息系统的各种功能测试和确认测试，其目的是通过与系统的需求相比较，发现所开发的系统与用户需求不符或矛盾的地方，从而提出更加完善的方案<sup>[32-33]</sup>。在对省级自动土壤水分监测系统进行测试时，主要针对数据处理、人工处理、远程控制和 WEB 应用这四个模块的功能进行测试

1. 对数据处理模块测试时，将主要对数据定时收集、质量检查、存储、打包、分发传输等进行测试。数据处理模块的具体测试过程如表 5-3 所示。

表 5-3 数据处理测试表

测试模块	数据处理	测试时间	2013-1
测试功能	数据定时收集、质量检查、存储、打包、分发传输功能。		
详细测试流程	执行过程	1.整点时次数据自动发送至省局； 2.中心站系统收集数据后完成质控入库，测试员能及时查询到当前数据； 3.数据自动打包后分发至接口目录下，测试员能及时在接口目录下看到打包文件； 4.定点传输至新一代系统后，本地接口目录清空，查看新一代系统已接受文件。	
	测试结果	数据能正常处理及时发送，仅莱西一站因网络原因无法发送数据，符合用户需求。	
测试数据	观测站选择定陶、东明、巨野、即墨、平度、莱西、胶州、陵县、宁津、庆云、齐河、平原、禹城共 13 站。		

2. 对人工处理模块测试时，主要检测数据补要，手工打包发送功能。人工处理模块的具体测试过程如表 5-4 所示。

表 5-4 人工处理测试表

测试模块	人工处理		测试时间	2013-1
测试功能	数据补要，手工打包发送功能。			
详细测试流程	执行过程	1.非正点时间测试员通过系统向测试站发送数据收集请求； 2.查看测试站响应后上传的数据内容； 3.测试员选择数据库已有数据手工打包分发，在传输接口目录中查看打包文件； 4.非自动传输时间测试员手动传输，在传输接口目录中查看打包文件是否清空，查看新一代系统已接受文件。		
	测试结果	数据补要，手工打包发送功能正常实现，符合用户需求		
测试数据	观测站选择定陶、东明、巨野、即墨、平度、胶州、陵县、宁津、齐河共 9 站。			

3. 对远程控制模块测试时，主要检测观测站统一授时和观测频率调整功能。远程控制模块的具体测试过程如表 5-5 所示。

表 5-5 远程控制测试表

测试模块	远程控制		测试时间	2013-1
测试功能	观测站统一授时，观测频率调整功能。			
详细测试流程	执行过程	1.测试员通过系统向测试站发送统一授时请求； 2.查看测试站响应后上传的数据时间是否一致为校时后时间； 3.测试员通过系统向测试站发送修改数据传输频率请求，改 10 分钟为 5 分钟一次； 4.查看测试站响应后上传的数据频率是否改为 5 分钟一次。		
	测试结果	观测站统一授时，观测频率调整功能正常实现，符合用户需求		
测试数据	观测站选择定陶、东明、巨野、即墨、平度、胶州、陵县、宁津、齐河共 9 站。			

4. 对 WEB 展示模块测试时，主要检测用户登陆，数据查询，统计分析和数据下载功能。WEB 展示模块的具体测试过程如表 5-6 所示。

表 5-6 WEB 展示测试表

测试模块	WEB 展示		测试时间	2013-1
测试功能	用户登陆，数据查询，统计分析和数据下载功能			
详细测试流程	执行过程	1.市级测试员通过 WEB 页面登陆系统是否正常； 2.对本站观测数据和状态信息的进行查询； 3.对本站观测数据进行统计分析并下载分析结果；		
	测试结果	用户登陆，数据查询，统计分析和数据下载功能正常实现，符合用户需求		
测试数据	观测站选择定陶、东明、齐河共 3 站。			

对系统的功能进行测试完毕后，还需要对系统的非功能性需求进行测试，从安全性、可靠性、可维护性和可扩展性以及故障处理方面对系统进行全面的测试。

## 第 6 章 结束语

历时近两年的时间，观测站点分布全省的省级自动土壤水分监测系统建设完成。该项目实现了山东气象部门在土壤水分观测上从人工观测到自动观测质的飞跃。从根本上改变了过去土壤水分数据仅停留在研究预测领域，无法在实时气象农业服务中发挥作用的现状。省级自动土壤水分监测系统已运行一年的时间，业务运行稳定，为相关单位和用户提供了大量高频率的实时观测数据，取得了明显的业务和社会经济效益。

在系统的建设和业务运行过程中，也发现了一些需要完善的问题，从而指出下一步的工作研究方向，总结如下。

1、自动土壤水分观测数据的质量控制。在本系统中对数据的质控较简单主要考虑数据的及时性，下一步可在及时传输的基础上做观测数据二次质控研究，增强数据的可靠性。

2、数据分析。在本系统中仅停留在对数据本身的查询、统计分析，下一步可在数据的模式计算方面研究，实现数据的相关性分析。

## 附图附表目录

图 3-1 省级自动土壤水分监测系统总体结构图.....	19
图 3-2 自动土壤水分观测信息流程图.....	20
图 4-1 DZN1 自动土壤水分观测仪组成图.....	22
图 4-2 DZN1 自动土壤水分观测仪数据采集器组成图.....	24
图 4-3 省级自动土壤水分中心站功能框图.....	27
图 4-4 参数管理用例图.....	29
图 4-5 数据处理活动图.....	30
图 4-6 数据人工处理用例活动图.....	35
图 4-7 数据库管理用例活动图.....	36
图 4-8 实时监控模块用例图.....	37
图 4-9 WEB 用户登陆活动图.....	38
图 4-10 WEB 平台功能用例图.....	39
图 4-11 E-R 模型图.....	40
图 5-1 DZN1 自动土壤水分观测站.....	45
图 5-2 台站参数设置界面截图.....	47
图 5-3 小时观测数据处理流程图.....	48
图 5-4 分钟观测数据处理流程图.....	49
图 5-5 小时状态信息处理流程图.....	50
图 5-6 土壤水分要素质量检查流程图.....	50
图 5-7 传输间隔设置界面截图.....	53
图 5-8 手动传输界面截图.....	57
图 5-9 中心站监控主界面截图.....	59
图 5-10 WEB 页面截图.....	60
图 5-11 历史数据查询截图.....	62
图 5-12 历史状态查询图.....	62
图 5-13 数据对比图.....	63
图 5-14 EXCEL 表截图.....	63
图 5-15 全省的土壤水分分布图.....	64

表 2-1 参数管理规约 .....	6
表 2-2 数据收集规约 .....	6
表 2-3 数据检查规约 .....	7
表 2-4 数据质量控制规约 .....	7
表 2-5 数据存储规约 .....	8
表 2-6 数据打包规约 .....	9
表 2-7 数据分发规约 .....	9
表 2-8 数据查询规约 .....	10
表 2-9 远程控制规约 .....	10
表 2-10 人工处理规约 .....	11
表 2-11 实时监控规约 .....	12
表 4-1 详细参数管理设计表 .....	29
表 4-2 数据计算方法表 .....	31
表 4-3 数据传输封装规定表 .....	31
表 4-4 自动土壤水分观测站上传数据格式表 .....	33
表 4-5 实时监控模块说明表 .....	37
表 4-6 数据库表单设计 .....	40
表 4-7 用户信息设计详表 .....	41
表 4-8 观测站点信息设计详表 .....	41
表 4-9 数据要素设计详表 .....	43
表 4-10 状态信息设计详表 .....	43
表 5-1 DZN1 自动土壤水分观测站功能实现详表 .....	45
表 5-2 GPRS 数据传输模块技术指标表 .....	46
表 5-3 数据处理测试表 .....	64
表 5-4 人工处理测试表 .....	65
表 5-5 远程控制测试表 .....	65
表 5-6 WEB 展示测试表 .....	65

## 参考文献

- [1] 宛霞,赵志强. 中国气象局将加强土壤水分观测[N]. 中国气象报. 2009-08-11
- [2] 张北赢,徐学选,李贵玉,白晓华. 土壤水分基础理论及其应用研究进[J]. 中国水土保持科学[J]. 2007(04)
- [3] 王克栋.土壤水分测量技术与墒情监测系统研究.机械工业出版社,2011
- [4] 高峰,胡继超,卞赞. 国内外土壤水分研究进展[J]. 安徽农业科学. 2007(12)
- [5] 庄季屏. 四十年来的中国土壤水分研究[J].土壤学报,1989(03):242-245
- [6] M.H.MOHAMMADI,F.MESKINI-VISHKAEI. Predicting Soil Moisture Characteristic Curves from Continuous Particle-Size Distribution Data. Pedosphere[J]. 2013(01)
- [7] 高峰,李建平,王黎黎,兰明胜,李长林,胡继超. 土壤水运动理论研究综述. 湖北农业科学[J]. 2009(04)
- [8] Robert E.DICKINSON,曾庆存. How Does the Partitioning of Evapotranspiration and Runoff between Different Processes Affect the Variability and Predictability of Soil Moisture and Precipitation[J]. Advances in Atmospheric Sciences[J]. 2003(03)
- [9] 马履一. 国内外土壤水分研究现状与进展[J]. 世界林业研究. 1997-10-15
- [10] 侯毅凯. 非饱和土壤水分运动参数自动测定系统应用研究[D]. 河北工程大学硕士学位论文. 2007(04)
- [11] 陈建斌,孔令伟,赵艳林,吕海波. 非饱和土的蒸发效应与影响因素分析岩土力学[J]. 2007(01)
- [12] 山东在世界上被划为极度缺水地区[N]. 时代主人. 2011(03)
- [13] 李涛. 省级气象自动站质量控制系统开发研究[D].北京邮电大学硕士学位论文. 2012(02)
- [14] 谷涛. 软件可靠性及其保证[J]. 信息技术与标准化[J]. 2006(02)
- [15] 陈周天. 浅谈软件的可靠性[J]. 黑龙江科技信息. 2010(04)
- [16] 胡伟,胡新华,童军. 自动土壤水分观测站网构建及数据传输[J]. 农业网络信

- 息》. 2010(05)
- [17] 邓英春,许永辉. 土壤水分测量方法研究综述[J].水文,2007(04)
- [18] 黄芳,徐红松,齐青青. 土壤水分测试技术研究进展[J]. 安徽农学通报. 2007(11)
- [19] 时新玲,王国栋. 土壤含水量测定方法研究进展[J]. 中国农村水利水电. 2003(10)
- [20] 许迪等编著.农业持续发展的农田水土管理研究[M]. 中国水利水电出版社, 2000
- [21] 马秀莲. Visual Basic 教学难点及解决办法. 科教文汇(下旬刊). 2011
- [22] 王学慧. 基于 SQL Server 的数据库应用系统性能优化研究[J]. 电子科学技术. 2015(01)
- [23] 刘卉,汪懋华,王跃宣,马道坤,李海霞. 基于无线传感器网络的农田土壤温湿度监测系统的设计与开发[J]. 吉林大学学报(工学版). 2008(03)
- [24] 单欣伟,王国华,李洪,蒋冬青. DZN1 型自动土壤水分观测站传感器标定与日常维护[J]. 现代农业科技. 2012(17)
- [25] 高磊,施斌,唐朝生,王宝军,顾凯,甘宇宽. 温度对 FDR 测量土壤体积含水量的影响[J]. 冰川冻土. 2010(05)
- [26] 陈海波,冶林茂,李树岩,邓伟,田宏伟,申占营. FDR 土壤水分自动监测仪的标定与检验[J]. 微计算机信息. 2009(31)
- [27] 朱保美,周清. DZN1 自动土壤水分观测仪及其维护与维修[J]. 气象水文海洋仪器. 2011(01)
- [28] 上海长望气象科技有限公司.DZN1 型自动土壤水分观测仪使用手册[M].上海长望气象科技有限公司
- [29] 周惠,陈景丽,喜度. 浅谈自动土壤水分监测网络通讯体系[J]. 气象水文海洋仪器. 2010(12)
- [30] 自动土壤水分观测规范(试行). 中国气象局综合观测司. 2012
- [31] ZHANG Qiao, SUN Xiaobing, LI Ya'nan etc. Quasi-quantitative relationship between soil moisture and polarization characteristics. Journal of Remote

Sensing[J]. 2010(06)

[32] 李志峥,杨社堂. 基于 B/S 结构下的软件系统测试研究[J]. 科技情报开发与经济. 2006(07)

[33] 李康荣,贾迪,张瑶. 基于 Web 系统测试的应用研究[J]. 科技情报开发与经济. 2006(06)

## 致 谢

本论文的撰写是在我的导师洪教授的亲切关怀和悉心指导下完成的。在写作过程中，我遇到了无数的困难和障碍，在每次遇到问题时老师不辞辛苦的详细讲解才使得我的论文写作顺利的进行下去。在此谨向洪教授致以诚挚的谢意和崇高的敬意！

感谢这篇论文所涉及到的各位学者。本文引用了数位学者的研究文献，如果没有各位学者的研究成果的帮助和启发，我将很难完成本篇论文的写作。在此向各位学者致谢！

## 学位论文评阅及答辩情况表

论文评阅人	姓名		专业技术 职 务	是否博导 (硕导)	所 在 单 位		总体评价 ※	
	匿名评阅人 1		-	-	-			已达要求
	匿名评阅人 2		-	-	-			已达要求
答辩委员会成员	姓名		专业技术 职 务	是否博导 (硕导)	所 在 单 位			
	主席	孙振中	教授		山东财经大学			
	委 员	史清华	副教授		山东大学			
		王晓琳	副教授		山东大学			
		张瑞华	副教授		山东大学			
答辩委员会对论文的 总体评价※		合格	答辩秘书	井明	答辩日期	2015.5.24		
备注								

※优秀为“A”；良好为“B”；合格为“C”；不合格为“D”。