

摘要

随着智能信息技术的发展,收费方式也发生了历史性的革命,原来入户收取水费、电费、煤气费等由于不能适应社会的发展,已经成为过去,各种智能计量仪表已经取代了传统的计量仪表,人们持卡进行公用商品如水、电、气等的消费已经成为非常普遍的方式。

同时,随着时间的推进,用户家中出现多个智能计量仪表已经成为一种常见现象,与此相对应的则是用户家中需要具备多张智能仪表卡,用户用它们分别购买不同的商品,这不仅造成了卡的浪费,也实际上给用户带来了极大的不便,拿错卡、丢卡等现象的屡屡发生,因此开发一套一卡通智能仪表管理系统是非常有必要的,这种系统能够使用户在只用一张卡的情形下即可完成各类公用商品的购买,即节省了用户费用,也给用户带来了很大方便。

本文从目前智能仪表管理系统的发展分析,实现了一套智能仪表一卡通管理信息系统,该系统可以将一个厂家的多种智能仪表通过一张卡进行售卖管理,能够实现多种商品的售卖、查询与分别打印,同时系统具备良好的界面和易操作性。对于不同厂家的产品,只要是用一种卡进行读写并提供接口协议,都能并入该系统,系统提供了良好的可扩展性。

论文从软件工程的基本原理出发,对智能仪表一卡通管理信息系统进行了业务流程、功能与性能等的需求分析,给出了系统的分层数据流图、数据字典;在系统设计部分,将需求分析阶段提出的功能性能给出了相应的系统设计,包括用户档案管理的模块设计、缴费管理模块设计以及费用管理的模块设计等,同时给出了系统的安全以及相关算法设计;在实现阶段,论文论述了系统的实现过程,给出了系统的实现界面和部分关键代码,最后论文给出了一些关键测试用例的测试结果,并对测试结果进行了分析。

总结与展望给出了系统应用中存在的问题分析和建议,并对系统的前景进行了论述。论文完成的系统已在多个物业小区使用,基本满足了用户需求。

关键词: 智能仪表; 一卡通管理; 有限时间版权保护; 数据库加密

ABSTRACT

With the development of intelligent information technology, the form of charging has changed greatly. Entering home for fee has become past owing it can't adapt to the development of the society, traditional metering instrument has been replaced by various intelligent instruments, and it is common for people to buy the water, electricity and gas through IC card.

In the meantime, with the times going, it is a normal thing that many families have more than one intelligent instrument, and so many people have a few IC card for buying different goods, this results in the much wasting, and also brings much inconvenience for the people, and the phenomenon such that losing card and bring error card usually happens. So it is necessary to develop a kind of software such that people only use one card, he can buy various goods through the card, thus the users can save some money and it also brings convenience for people.

The paper discusses the development direction of intelligent instruments; and explains the accomplishment of one card solution information management system software. The software permits users use one card to buy different goods for different instruments within the same manufacturer of instruments, and it can fulfill the function such that selling of commodities, inquiries and printings, the software has good interfaces and can be operated easily. For different manufacturer of instruments, if they used the same type of card and can provide agreement of interface, the instrument can be used in the software, the system provide good expansibility.

The paper gives the analysis of work flow, function and performance from the point of software engineering, and it also describes the data flow diagram, data dictionary of the software; in the design stage, software design is given based on the requirements analysis, it includes module design of used management, payment management and expense management, and so on. In the meantime, some security and its algorithm design are also given in the stage. In the process of software realization, the paper shows the processing of software fulfilling, software interface and some key codes are also given. In the end, some testing results for testing example are described and analyzed.

The section of summary and prospect analysis described some problems and suggestions of the software and some remarks on the future of the software is also

given. The accomplished software has been used in many residential properties; it can satisfy the needs of the users.

Key words: Intelligent Instrument, One card solution, Copyright Protection for a limited times, Database Encryption

目 录

第 1 章 绪论	1
第一节 课题背景及意义	1
第二节 现状与问题	2
第三节 本文工作	3
第四节 论文的组织结构	4
第 2 章 系统需求分析	6
第一节 系统目标	6
第二节 系统设备需求	6
第三节 系统性能需求	7
第四节 系统业务流程分析	8
第五节 系统功能需求分析	11
第六节 数据字典	13
第七节 系统实体关系分析	16
第八节 系统数据流图	16
第九节 本章小结	20
第 3 章 系统设计	21
第一节 系统约定	21
第二节 系统功能设计	21
3.2.1 用户档案管理设计	22
3.2.2 缴费管理设计	23
3.2.3 费用管理模块设计	24
3.2.4 系统管理模块设计	25
3.2.5 功能卡制作模块设计	27
3.2.6 维修管理模块设计	27
第三节 数据库设计	21
第四节 系统安全设计	30
3.4.1 数据库安全	30

3.4.2 有限时间的版权保护.....	32
3.4.3 IC卡信息安全设计.....	32
3.4.4 相关算法设计.....	34
第五节 关键测试用例设计.....	34
3.5.1 系统管理模块测试用例设计.....	34
3.5.2 收费管理模块测试用例设计.....	35
3.5.3 费用管理模块测试用例设计.....	36
3.5.4 综合测试用例设计.....	36
第六节 本章小结.....	37
第4章 系统编码与实现.....	38
第一节 系统配置.....	38
第二节 有限时间软件版权保护的实现.....	38
第三节 系统登陆实现.....	39
第四节 用户信息管理功能实现.....	40
第五节 缴费管理功能实现.....	42
4.5.1 功能实现.....	42
4.5.2 关键代码.....	43
第六节 费用管理功能实现.....	44
4.6.1 功能实现.....	44
4.6.1 关键代码.....	46
第七节 系统管理功能实现.....	46
第八节 本章小结.....	48
第5章 系统测试.....	49
第一节 系统管理模块测试.....	49
第二节 缴费管理模块测试.....	49
第三节 费用管理模块测试.....	50
第四节 综合测试.....	51
第五节 本章小结.....	51
第6章 总结与展望.....	52
第一节 主要工作.....	52

第二节 展望.....	52
参考文献.....	54
致 谢.....	56
个人简历.....	57

第 1 章 绪论

所谓智能计量仪表目前广泛意义上是指智能化计量水表、热量表、煤气表和电表。之所以称为智能仪表，是因为这种仪表和普通意义上的仪表有本质不同，传统上，普通水表只有流量可以查看，走多少字，等待收费员来收费，如果家中没有人，可能使用水一年半载也没有人能够收走你使用水而产生的费用。这种传统意义上的“先用后付”式交易模式无疑会给供水企业带来沉重的经济负担。为此而产生的纠纷和官司每年报道屡见不鲜^[1-5]。

而智能仪表则首先要求用户先付费，后使用商品，这给商品供应企业减轻了很大压力，同时由于是预先需要用户缴费，因此商品提供企业也可以给予用户一定的折扣，这种方法目前在很多小区物业得到广泛应用^[6-10]。同时也避免了商品提供者和用户之间数不清的官司纠纷。

第一节 课题背景及意义

现代智能收费仪表，是利用电子信息技术、智能传感器技术以及 IC 卡技术实现的智能控制仪表，以智能水表为例，智能水表可以分为两种，第一种简称为智能预付费水表，这种水表与传统意义上的水表的最大的区别是需要先交费后用水，从根本上解决了收缴水费难的问题，如果用户不预先交纳一定的水费，智能仪表控制阀门自动关闭，用户无法用水，除此之外，这种水表还基本具备如下的一些功能：

(1) 体现人文特征的用水提醒功能。用户表中的水低于一定量时进行购水提示，这种提示并不完全切断用户用水，可以允许用户在一定时间内去购买水，从而保证用水的持续性。

(2) 完整的用户用水记录。用户所有的购水情况将在智能 IC 卡及其配套的管理管理系统中，这样即使用户的水表突然出现故障，通过购水记录等信息，用户水表中的水量依然能够保存并得到继续使用。

(3) 阀门自动关闭功能。一些职能仪表当检测到用户一段较长时间不用水后，具有自动阀门关闭功能，这样也保证了用户的家庭安全，不会因为长期不在家出现跑水现象，从而造成家庭损失。

(4) 防盗防破坏功能。电子技术总是存在其中的不足，但是由于涉及到收费问题，而且产品涉及到千家万户，因此，智能 IC 卡水表一般都进行了安全设计，

对于试图用强磁干扰、强行拆卸等破坏手段对仪表进行破坏进行了有效的防御设计^[11-14]。

第二种智能水表也称为远程抄表，这种仪表并不配备阀门控制手段，而只是从外面采集用户的用水信息，而后定期进行缴费信息告知，从而实现催缴水费实现收费目的。这种智能水表相比第一种仪表可能显得人性化，但是有时无法实现水费及时收缴的目的。

目前，国内智能水（热）表生产厂家很多，智能控制技术也日趋成熟，由于这种仪表能够解决收费不进门的问题，同时可以有效缓解公用事业部门的收费压力，已经成为收费仪表的发展方向。

智能计量表的出现从根本上改变了公用事业单位收费的方式，从以前的主动去收费到现在的用户主动来交费，大大提高了事业单位工作效率，同时使得水、电、气这些本来具有商品性质的居民公用消费品变成了真正意义上的商品，所以智能收费计量仪表的使用不仅方便了用户，也给相关单位带来了良好的经济效益和社会效益。

针对特定的智能计量仪表，必须有与之配套的管理信息系统，这样才能形成真正意义上的智能化管理。目前在智能化仪表方面有智能水表、智能热量表、智能煤气表、智能电表等多种智能仪表，而且有的居民用户家中可能具有不止一块智能仪表，因此，如何对这些仪表进行统一的管理则是产品开发者必须要考虑的问题。在国内众多的仪器仪表生产企业中，部分企业能够生产两种以上的仪表，而也有部分企业只能生产一种仪表，因此，在一个小区配套的仪表选购中，如果选购一个厂家的产品，则给物业管理带来极大的方便，因为可以用一套管理系统进行多个智能仪表的收费管理。

目前，由于智能仪表没有一种统一的设计标准，因此，各个厂家在研制硬件产品的同时也都在开发与此配套的信息管理系统。虽然智能仪表的收费方式和传统意义上的收费方式相比产生了革命性的变革，但是，只靠仪表本身依然无法解决所有问题，一些因此而产生的问题依然屡见不鲜，因此设计一个性能和功能完备的信息管理系统，同时弥补智能仪表设计中存在的不足是管理信息系统开发人员必须要考虑的问题。

第二节 现状与问题

前已述及，目前国内存在众多的智能仪表生产厂商，但是仪表功能和性能却千差万别，不仅如此，与之相应的管理信息系统从使用方便程度、功能完备性以及和智能仪表的互补性方面也不近相同，这一方面也智能仪表本身的功能有关，

另一方面，与软件本身的功能有关，目前，一般的智能仪表管理系统都具有如下功能^[15-18]：

(1). 用户信息管理

用来对使用仪表的用户进行信息管理，包括住户地址、电话等信息，同时对用户信息能够实现综合查询与打印。

(2) 购买管理

不论是购买水、电、气等都需要通过特定的设备进行购买，一般用户具有一张购水(其他同)卡，该功能可以完成用户的购买功能。

(3) 统计功能

该功能可以完成管理部分需要的各种类型的数据统计，以便决策者根据统计数据数据进行决策。

(4) 报表打印

该功能可以完成各种各样的报表打印，这些报表可能格式不同，但是都是与用户和购买息息相关的的信息

(5) 权限管理

对于软件来说，凡是涉及到资金的问题，一定要保证严格的数据访问权限，否则，数据一旦丢失，后果不堪设想，因此，这部分尽管简单，但是依然非常重要，不仅要给不同的操作员赋予不同的访问权限，更要对数据进行安全的处理，保证数据的真实可靠。

应该说，具备上述功能的智能仪表管理信息系统基本上可以满足使用需求，但是，由于用户使用过程中出现的问题难以料想，因此，必须对用户使用仪表过程中可能出现的情况进行详细的分析，设计出较为完备的软件，这样才能实现真正意义上的智能管理。

同时，随着家庭智能仪表数量的增多，卡的管理也是一个非常棘手的问题，部分用户经常出现卡的丢失与卡的使用混乱问题，因此，项目也致力于开发一个实用的多表一卡应用系统，使家中所有的智能仪表都能够用一张卡即能够实现购买操作，如此，既可以省去用户持有多个卡的烦恼，节约成本，同时也给系统的操作员带来方便。

第三节 本文工作

本文在综合分析目前使用的智能仪表信息管理系统的基础上，根据和大量客户的交流以及了解用户的实际管理现状后，提出了智能仪表管理信息系统设计方案，并将方案转化为实际的软件产品，应用到多个小区的物业化管理中，取得了

良好的效果

本文工作如下：

(1) 通过和专业用户以及大量专家进行探讨，并在实践中进行摸索，给出了用户的需求分析，对功能需求、业务需求等进行了综合论述，并给出了需求分析的具体实现。

(2) 对需求分析中的内容进行的具体而详细的设计，包括具体的模块设计、数据库设计以及特色功能设计并对数据库安全从使用方便角度进行了方案设计和论证。

(3) 实现了一个完整的智能仪表管理信息系统，并进行了具体而详尽的测试，对发现不足的地方进行了维护和改进，论文最后进行了系统研制总结并给出了后期的发展方向。

第四节 论文的组织结构

本论文的组织结构划分如下：

第一章，绪论

对论文的选题背景、意义、目前国内外研究现状以及现有系统中存在和需要改进的问题进行了叙述，提出了系统研制的必要性。

第二章，系统需求分析

对系统进行了实际的业务需求和功能需求，特别是对智能仪表使用过程中可能出现的问题而仪表不具备这项能力的情形下，如何从系统本身进行修正和弥补给出了具体的分析方案，对多表一卡的思想给出了阐述，同时，对角色和数据库等给出了分析。

第三章，系统设计。

本章重点给出了售水（热）模块的详细设计与实现方案，同时，对统计模块和系统功能管理给出了设计方案，设计方案充分考虑了智能仪表本身的功能，部分设计方案可以作为智能仪表本身功能的一个补充，对系统中存在的一些安全问题给出了合理的安全设计，对于系统中所涉及到的数据以及一些数据的应用从简单方便的原则给出了设计说明。

第五章，系统实现

本章介绍了系统的实现方法，系统实施策略分析和实现结果，对一些关键技术给出了实现代码与使用说明，同时，该部分还给出了实现阶段应该注意的问题以及问题的解决方案。

第六章 系统测试

对系统设计阶段给出的测试案例和实现阶段增补的测试案例进行的测试结果的阐述，给出了根据测试结果的一些改进意见。

第七章 系统总结

总结本文的工作，提出后期改进和扩展的意见。

第 2 章 系统需求分析

系统需求分析中，结构化分析方作为一种传统的需求分析方法，得到了许多软件开发者的喜爱，这种方法采用自顶向下逐层分解的方法，描述形式采用图形化表示，简单易懂，层次分明，适合于本系统的需求分析。

需求分析作为软件过程的一个重要阶段，将非常明确地阐述系统的目标和主要功能，并对系统的设备、接口、性能、环境、错误处理等提出具体的需求，即要明确系统“做什么”，为下一个阶段的系统设计打下基础。

第一节 系统目标

本系统面向自来水公司、小区物业、集中供水场所等地的管理人员，鉴于这些人员的计算机技术水平参差不齐，因此，软件将尽力实现“让操作人员输入最少，完成的够多”的目标，通过该软件，能够完成这些场所的智能仪表的收费管理、收费信息的统计和查询、进行各种各样的报表打印、收据打印等；同时，借助该系统，物业和自来水公司也可以进行用水稽查，用水预测，推测可能有盗窃用水的用户；系统将实现较高的信息安全，对可能出现的数据造假能够及时发现，系统反应时间最迟一天将会自动发现，真正实现智能仪表购水管理的便捷和安全。

同时，系统应该具有较高的安全设计，采用较高的数据加密手段，不仅要能够所有数据的安全，同时对操作人员的操作详细情况能够进行跟踪记录，以便能够追踪系统数据可能出现的问题，对于软件提供商，也要求能够在一定时期内保护自己的权益。

第二节 系统设备需求

智能仪表收费管理信息系统应该既可以单机运行，也可以组网实现，不管采用哪种方式，都必须具备基本如下设备：

(1) 带有相应支持系统的计算机和打印设备

普通计算机，带有 Windows XP 以上的操作系统，具有 Visual C++6.0 以上的软件开发系统，Office 2003 以上的办公系统，这些都为软件开发必备工具，同时也必须具备可以进行打印测试的打印设备。

(2) 支持对相应卡片进行读写功能的读写器

读写器是进行售水的核心设备，目前国内读写器种类很多，为了便于升级和应用，读写器选择应该符合以下需求：

- 1) 读写器应该能够同时支持接触式 IC 卡和非接触式 IC 卡的读写；
- 2) 读写器软件支持工具应该包括 Visual C++、Java 等主流编程语言。
- 3) 读写器工具包应该提供简单的 Demo 以及测试工具，API 详细解释。
- 4) 读写器应该能够支持多种 IC 卡芯片，特别是要支持主流芯片公司的 IC 卡芯片，包括 Atmel 公司和西门子公司芯片。

(3) 和智能仪表配套的 IC 卡及其测试软件

对于不同的智能仪表生产厂商，选用的 IC 卡芯片可能不尽相同，本软件对应的 IC 卡为西门子公司生产的 S4442 卡，该卡特点如下^[19-20]：

- 1) 数据容量为 255 字节。
- 2) 静态耗电：小于 10 微安
- 3) 动态耗电：小于 200 毫安（马达电流）
- 4) 密码长度为 6 个字节，如果三次效验密码失败，卡片将死锁，将再也无法使用。
- 5) 具有严格的读写程序，即上电，密码效验，读写、下电，此时卡处于安全状态。

第三节 性能需求

由于系统是一个基于多个设备互联的管理信息系统，因此，系统性能方面考虑如下方面：

(1) IC 卡读写时间。售水需要对 IC 卡进行读写，同时需要关联到相应的数据库，因此，IC 卡读写时间应该不超过 3 秒；

(3) 精度要求。系统支持小数点后面一位的卡信息读写，例如系统可以卖 12.7 吨的水。

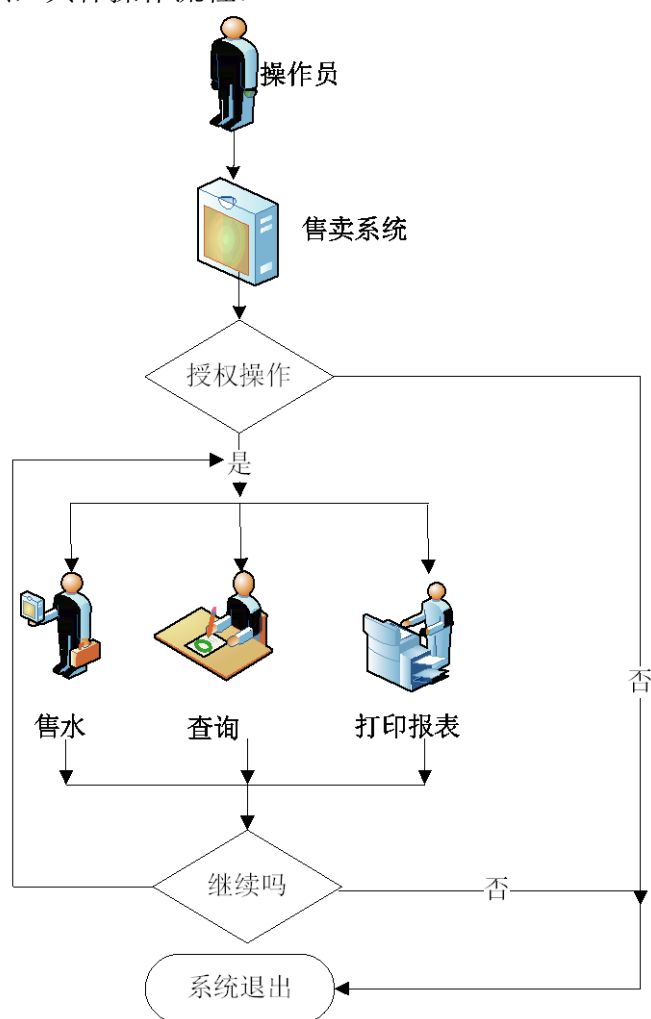
(4) 安全性能。由于涉及到金钱的交易，因此，系统的每一次交易（卖水），相应的操作人员必须明晰；同时为了保证数据和登陆的安全，系统采用数据库外加密的方式，即只有操作员登陆后，才解密整个售水信息数据库和用户档案数据库；用户必须正常退出系统，退出系统后，数据库即可被加密并进行校验信息的保存。

第四节 业务流程分析

智能仪表售水(热)系统的业务流程不涉及到水表的安装流程,其假定条件是用户居民中已经安装了智能仪表,不论水表是通过小区开发商安装的,还是通过自来水公司安装的,因此,该系统的业务主要可以分为售水、用户变更、统计查询以及水表维修等几部分。

1. 操作员操作流程分析

系统操作人员必须遵循一定的系统操作流程,由于系统涉及到资金问题、人员素质问题等关键因素,因此,系统操作员必须遵守一定的操作流程,否则容易造成不必要的麻烦,具体操作流程:



2. 商品售卖流程分析

售水是该智能仪表管理信息系统的核心业务,它关系到千家万户的日常生活,因此,售水过程必须严格按照业务流程进行,即:用户持卡到售水处,售水进行卡数据读取,进而读取用户信息,选择购水种类,购水后打印收据,将卡和收据返回用户。具体流程如下:

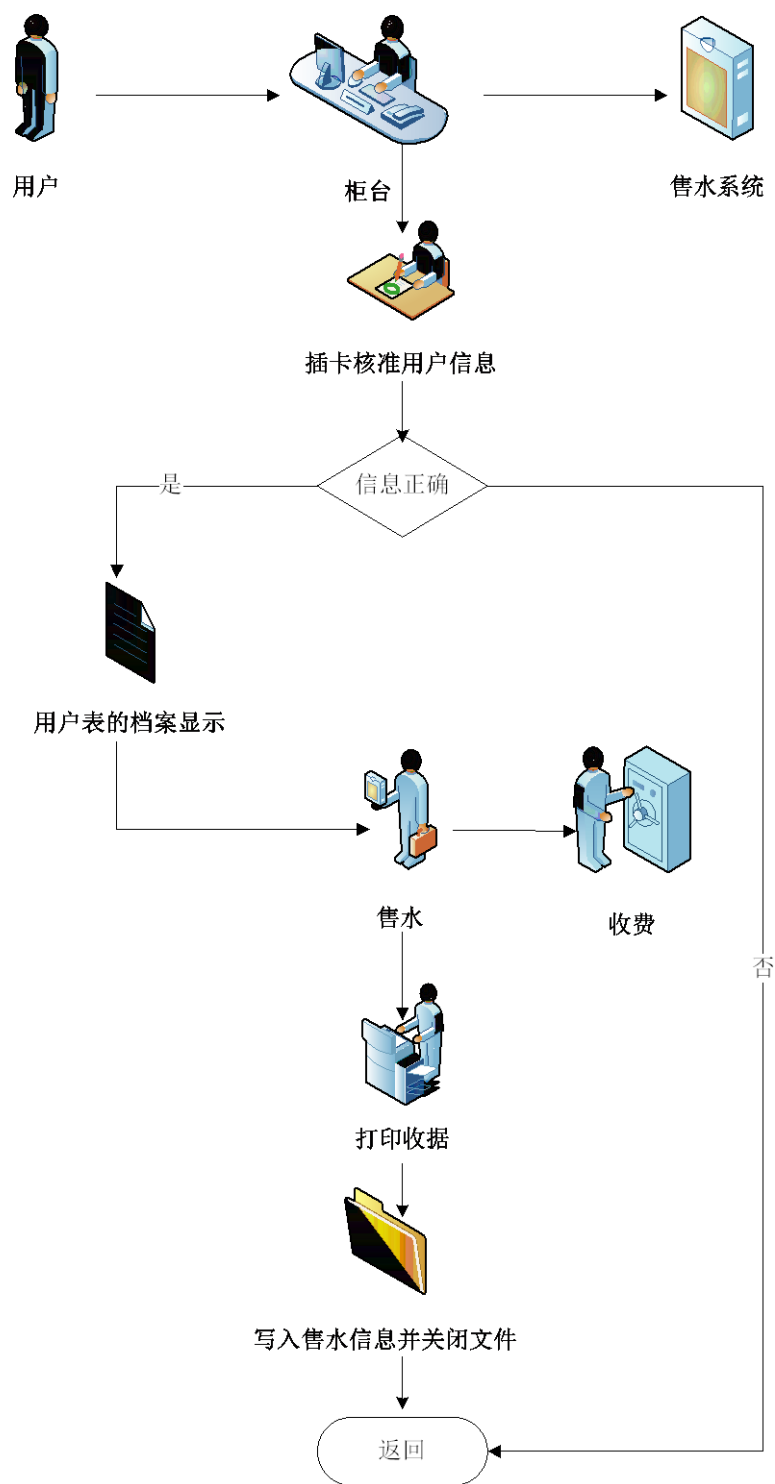


图 2.2 商品售卖业务流程图

3. 用户变更流程分析

用户变更是现实生活中经常发生的事情，当出现房屋的买卖，用户的信息自然就发生改变。但是，管理系统中的用户变更并不需要对用户的身份进行核查，只需要对用户的卡号进行核查。其业务流程一般如下：

用户进行房屋过户与系统使用无关，当变更后的用户持卡购水时，在用户信

息核对时,如果出现用户名称和卡表信息不相符时,此时要求用户提供用户信息,并到档案维护中调取原来该卡用户的信息,进行修改即可。

4. 统计查询业务分析

统计查询是该系统的重要功能,利用这些功能可以有效地提高工作效率,同时根据提供的统计信息可以有效监督员工工作量、用水情况、收费情况等,其业务流程为:(用户)查询申请、查询内容、查询结果、打印或者显示告知、查询结束等。

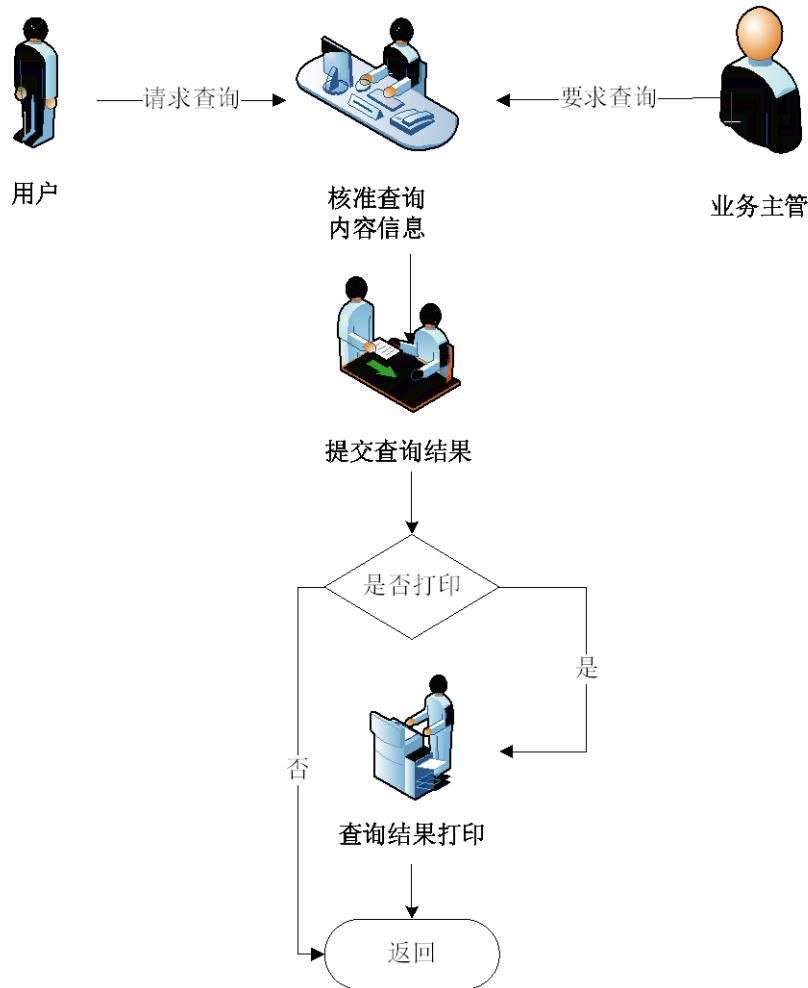


图 2.3 查询统计分析业务流程图

5. 水表维修管理业务流程分析

表类维修登记主要完成对水表维修的登记、维修查询,包括对给类维修情况的分析,以便对产品质量进行预测等。表类维修的基本业务流程为:用户报修、原因分析、维修结果登记等。由于用户表类维修的原因可能多种多样,因此,软件需要提供相应的功能支持,包括将用户表中已有数据进行读取和重新写入等,系统对于如何维修系统不做监控。维修业务管理的流程图如下:

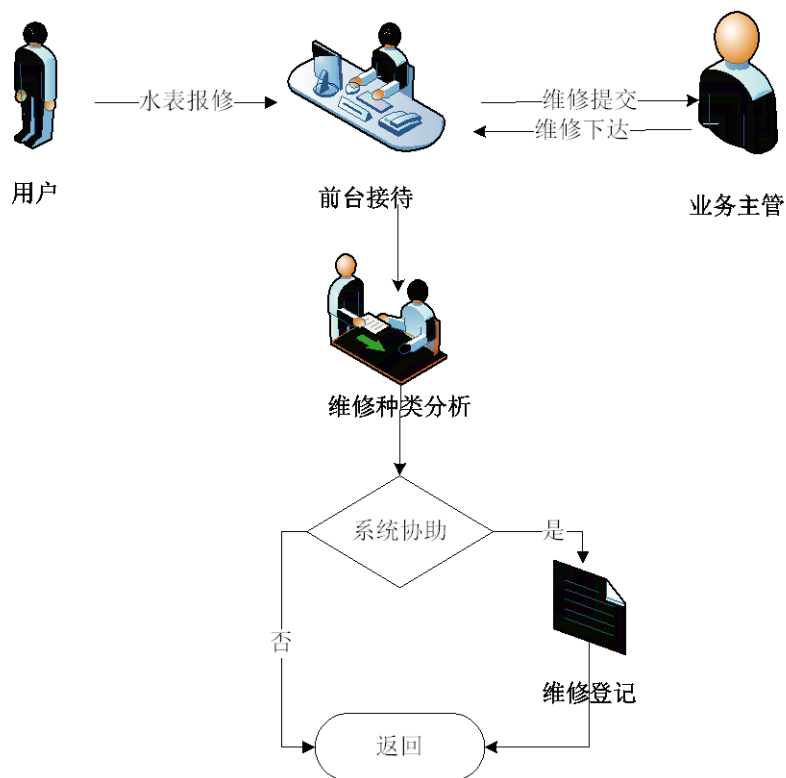


图 2.4 智能仪表维修业务流程图

第五节 功能需求分析

智能仪表管理信息系统是对智能仪表用户进行缴费执行、缴费统计、缴费查询以及缴费稽查的管理系统，应该遵循如下方针：

严密安全的系统管理：只有授权的操作人员才能登陆该系统，而且操作员只能售热、水等，并可进行简单的浏览，并保持操作人员的唯一性，否则可能导致混乱和无序；而管理级的人员则能够进行系统的改动，如各类能量价格的修改和信息的查询；同时。

详细周到的信息记录：该软件从操作人员的登陆到系统的修改，从售能量人员的操作时间和每一笔单据均有详细的记录可供查询，可以说，上至系统管理人员，下到操作员工，其操作的记录应有尽有。

方便全面的分类查询：可以对收费信息进行各类查询，也可以进行各种分类查询，打印各种统计报表，轻点鼠标，信息尽收眼底。

简便实用的操作界面：不论操作员的水平如何，软件以充分完善的功能设计和人性化的界面设计保证软件的操作便捷，各类信息一目了然，操作员爽心悦目，可谓幸事。

具体的功能如下：

(1) 用户档案管理:

完成用户基本信息的登记,建立最基本的信息库,是该系统最基本的原始可靠信息库,在交费、查询等功能中都要使用。具体应该有:

- 1) 档案信息增加:完成用户信息的登记,简单浏览。
- 2) 表类增加:在一卡多表的情形下,为用户增加自己的表登记
- 3) 档案维护:完成用户档案的修改、删除等
- 4) 档案浏览:整体浏览和单用户浏览相结合
- 5) 档案报表打印:打印用户全部档案

(2) 缴费管理:

完成用户的付费功能,可以同时售所有登记的表类的卡,完成售后的打印、查询和显示等功能。

(3) 费用管理:

对用户缴费的记录进行各种信息采集,可以从中发现一些有用的信息,一般地,对缴费信息的基本处理有:

- 1) 单户购买信息浏览:可以根据用户的姓名和卡号进行历次购买信息的查询和打印。
- 2) 年月日分类统计表:可以进行年、月、日、间隔等时期的任何表类的购买信息查询和打印
- 3) 操作员工作查询表:可以查询操作员的工作业绩和任何一笔业务的详细信息。
- 4) 分类信息报表打印:可以进行任何表类的能量销售信息的打印,可以支持各类表格。

特别地,通过和管理者以及自来水公司的交流,本系统希望能够完成如下特定功能:

- 5) 用户黑名单稽查:对有偷盗行为的用户进行筛选和识别,以便进行用户的区分。
- 6) 用户购买预测分析:对用户的总能量进行购买预测,以便及时做出相应的对策,该性能特为自来水公司所做。

(4) 系统管理

该信息管理系统的超级用户可以对系统的特定参数进行设定,像水费标准等,同时系统的其他一些功能也在系统管理功能里得到体现。

- 1) 操作员注册:对可能进行系统的操作的人员进行系统注册,以便可以允许更多的人员进行系统的使用,但是同时也将操作人员的代号和密码进行了登记与识别,对系统进行了黑匣子似的保护。

2) 操作员密码修改: 如果操作人员发现自己的密码已经被人破解, 可重新修改密码。

3) 水、热价格修改: 可以进行各种能量的单价修改, 但是系统能够识别修改人员和修改时间。

4) 操作员信息浏览: 对此权限的人员进行公布操作人员的信息。

5) 联机通信测试: 对系统、读写器等性能进行通信测试, 以确定系统的读写功能是否正常。

(5) 功能卡制作:

智能仪表作为电子产品, 不可能没有故障, 如何修复故障, 使得供应能量的部门和用户都不受到损害, 这些功能也必须在智能仪表和管理信息系统里得到体现。该功能主要制作与智能仪表相关的管理卡, 根据各类表的特点可以扩充相应的功能

1) 清零卡制作: 系统功能卡类的服务。

2) 检修卡制作: 系统维修卡类的服务。

3) 打压卡制作: 系统测试卡类的服务。

4) 卡信息与密码操作

(6) 表类维修管理:

智能仪表维修后的登记处理, 包括用户丢卡需要的补卡功能, 该功能主要是进行维修的登记和管理统计等。

1) 维修登记维护: 对维修进行登记, 以便在面对纠纷的情况下有据可查。

2) 维修统计查询: 对出现的各类维修情形进行统计分析, 以便更好地排查问题。

3) 用户补卡维护: 对丢失卡的用户进行补卡等操作。

4) 质量分析预测: 对使用的水表进行质量分析和预测, 以便对选用的产品进行最基本的性能鉴定。

第六节 数据字典

结构化系统分析中, 数据字典的使用可以避免未来软件设计和编码过程中的混乱和无序, 对软件设计与维护具有很大的帮助作用。数据字典既可以是数据流、数据项, 也可以是数据文件或者是加工, 这些数据字典在下一步的软件设计中必须充分遵守相关规定。

本系统给出了系统的几个关键数据流和数据文件, 这些将用于软件设计过程的数据库设计。

1. 数据文件

为了使得系统完备、性能可靠，设计简单，系统包含的数据文件有操作员库、用户库、售水信息库、用于查询打印的临时库、能量价格库。系统将以最小的数据文件代价满足系统最大功能需求，尽量精简数据文件的数量和内容，这些库的字典条目如下：

表 2.1 数据文件“操作员库”的字典条目

数据文件名	操作员库
别名	无
组成	操作员 ID+密钥
备注	用于操作登陆，系统管理员可以对其进行各种管理操作，包括删除

表 2.2 数据文件“用户信息库”的字典条目

数据文件名	用户信息库
别名	无
组成	姓名+地址+电话+表数量+表号+安装日期+表类型+安装日期
备注	用于对用户进行管理和查询

表 2.3 数据文件“用户详细信息库”的字典条目

数据文件名	用户详细信息库
别名	无
组成	姓名+地址+电话+表数量+表号+安装日期+表类型+安装日期
备注	用于对用户进行管理和查询

表 2.4 数据文件“费用信息库”的字典条目

数据文件名	费用信息库
别名	无
组成	用户信息+购买量+购买日期+费用+操作员 ID
备注	该库保存了商品售卖的详细信息，可以用于对用户购买的信息进行管理和查询。

表 2.5 数据文件“能量单价信息库”的字典条目

数据文件名	能量单价信息库
别名	无
组成	表型+单价+设定日期
备注	用于对购买水(热)等进行计费计算

表 2.6 数据文件“费用临时信息库”的字典条目

数据文件名	费用临时信息库
别名	无
组成	用户信息+购买量+购买日期+费用+操作员 ID
备注	该库用于保存查询的临时结果。系统退出时 只是保留最近一次查询结果

2. 数据流条目

该软件面向的单位可能有所不同,各个单位开出的发票或者收据格式也不尽相同,原则是售水后的“收据”数据格式如下表。

表 2.7 数据流“发票(收据)”的字典条目

数据流名称	发票(收据)
别名	无
组成	姓名+卡号+地址+购买量+单价+总价+购买 日期+操作员
备注	也可以从上述的数据词条中选择

3. 数据项条目

数据项里面有一个重要的内容是表类型,由于该系统可以对一个用户里的所有智能表进行一卡售水、热等,因此,表的类型必须给予说明。该数据项的说明与格式如下表。

表 2.8 数据项“表类型”的字典条目

数据项名称	表类型
别名	无
组成	长度为 20 的字符串
备注	1-冷水表, 2-热水表, 3-热量表(可以扩充)

第七节 系统实体关系分析

在智能仪表信息管理系统中，用户实际上是通过卡进行和系统的互动，用户本身和系统没有任何互动关系，这里基本实体和属性为：

- (1) 操作员。操作员负责卖水、热等能源，每个操作员有自己的 ID、密码
- (2) 卖水信息。卖水（热）信息包含购买量、费用、购买日期、表卡号、操作员等信息。
- (3) 系统管理员。进行系统参数的设定，包括设定、修改以及删除操作员的权限等。

此时，系统的实体关系图如图所示。

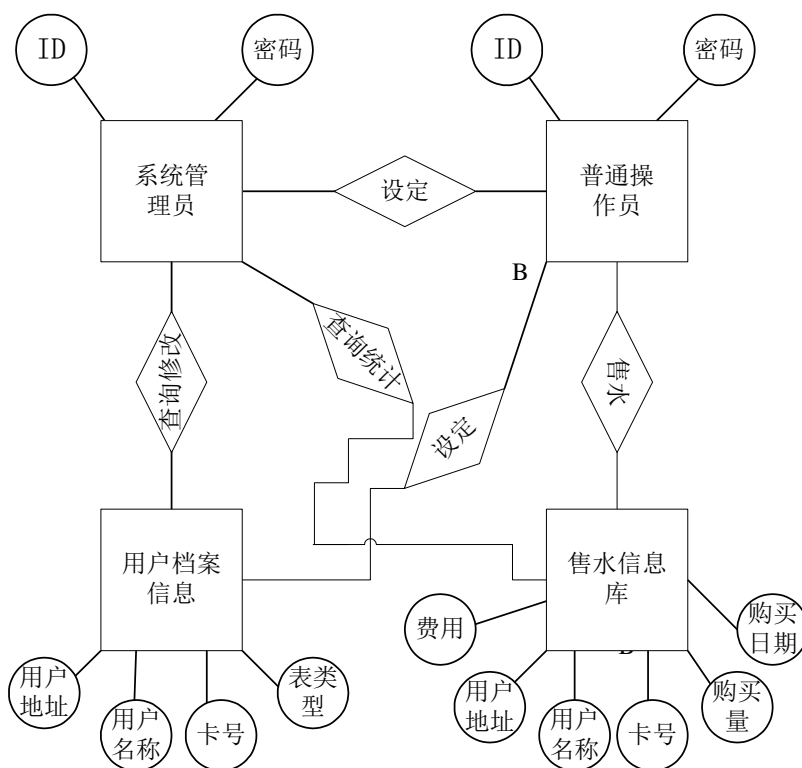


图 2.5 系统的 E-R 图

第八节 数据流图

数据流图主要体现出系统中数据流的信息变化，首先给出系统的全景图，该图描述系统的相关人员和系统之间的关系。

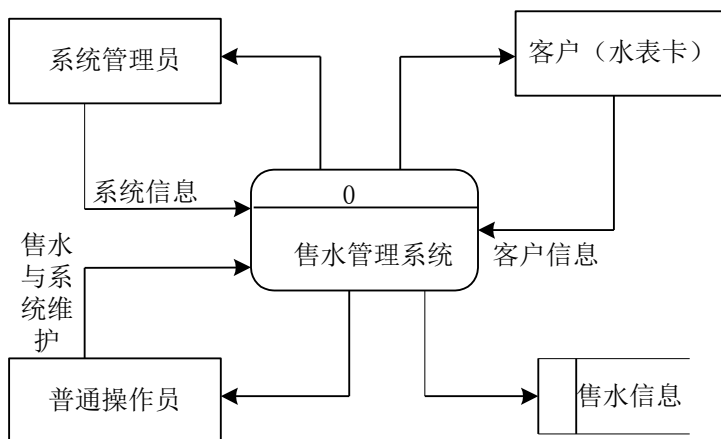


图 2.6 系统全景图

针对系统的全景图采用采用自顶向下、逐层分解,对系统的功能进行细化后,可以得到系统的第 0 层数据流图,如图所示。

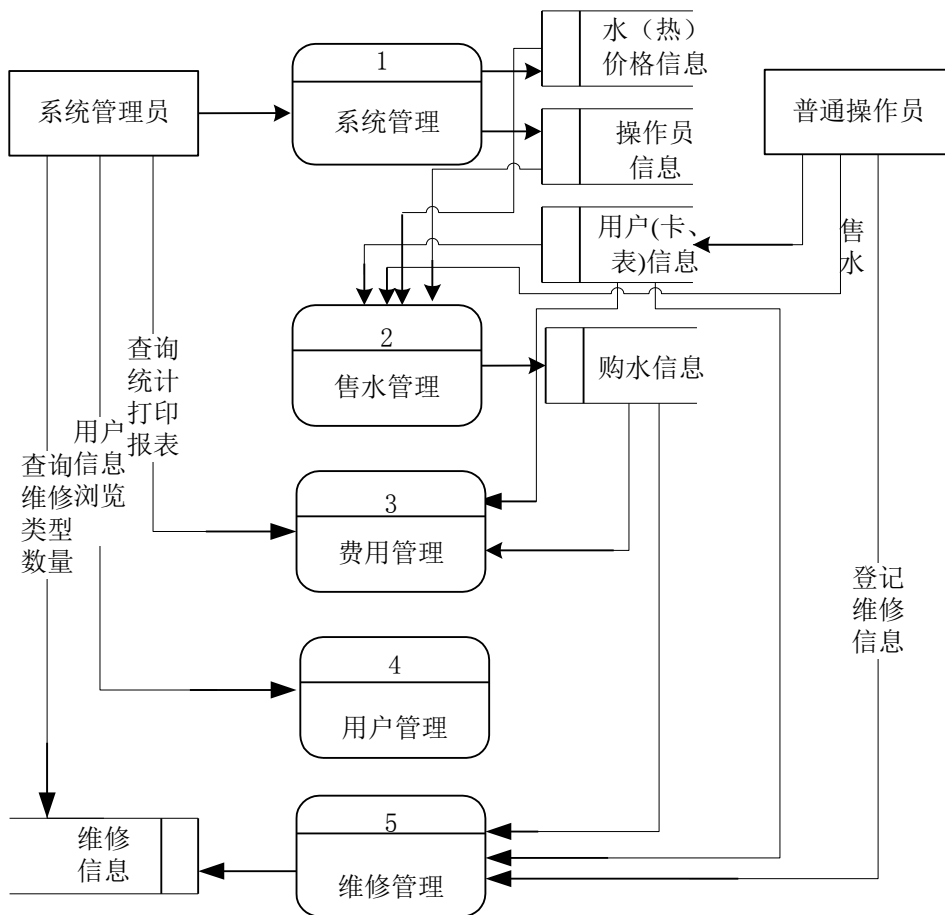


图 2.7 系统第 0 层数据流图

在第 0 层的第一个加工系统管理中,一般是业务主管的系统管理员需要完成操作人员的登记、密码设置、操作员的注销以及水(热)的单价设置与修改。这些信息完成登记后,将分别放在价格信息库和操作员信息库中。其数据流图如图

所示。

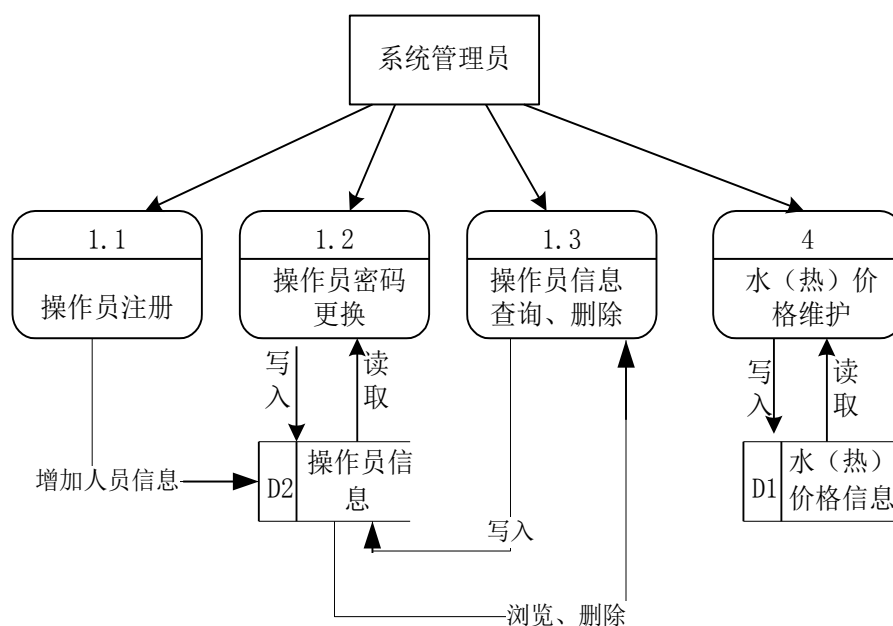


图 2.8 系统第 0 层第一个加工的数据流图

对于系统的第二个加工售卖管理，由于采用一卡多表售卖，所以本系统设计了四种商品的售卖，即热水、冷水、热能和冷能，分别用于热水表、冷水表、热量表和制冷空调的能量计量，该加工的数据流图如：

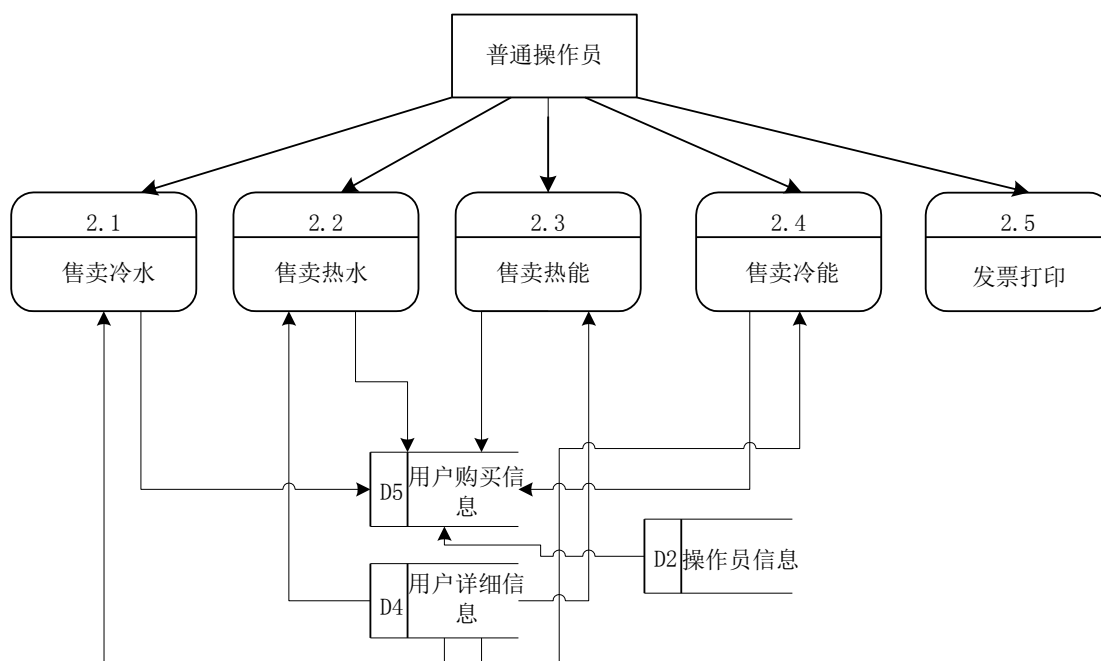


图 2.9 系统第 0 层第二个加工的数据流图

同样，对于第三个加工费用管理，一般是需要操作员（系统管理员）对费用进行各种各样的查询、统计和打印，例如需要对单个用户进行购买信息的查询，也需要对卖水的信息进行年、月、日的统计，并进行各类报表输出。其数据流图如图所示。

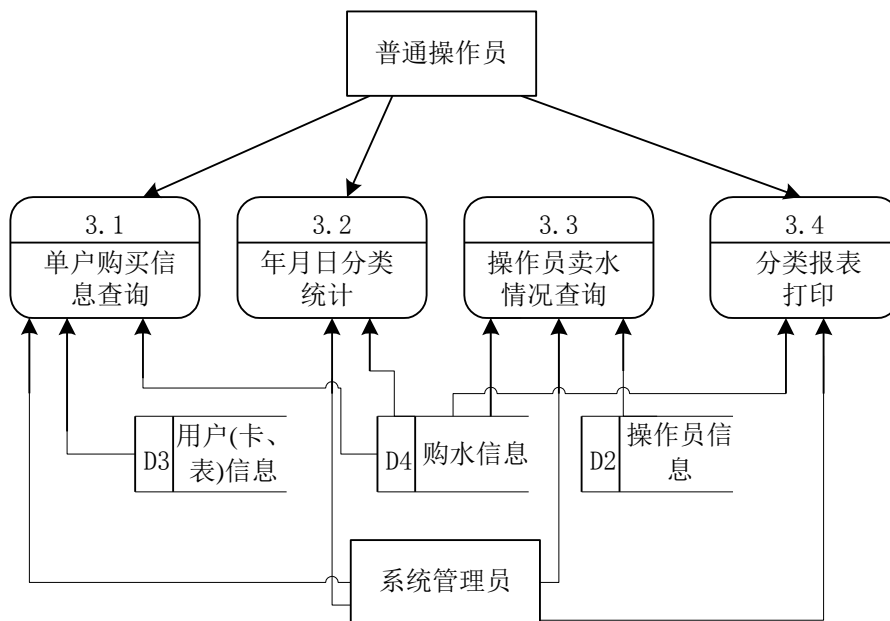


图 2.10 系统第 0 层第三个加工的数据流图

对于第四个加工“用户管理”，同样是由普通操作员进行用户信息的建立、浏览以及打印查询，但是，涉及到删除和修改，应该是在系统管理授权的情形下才能进行，其数据流图如下：

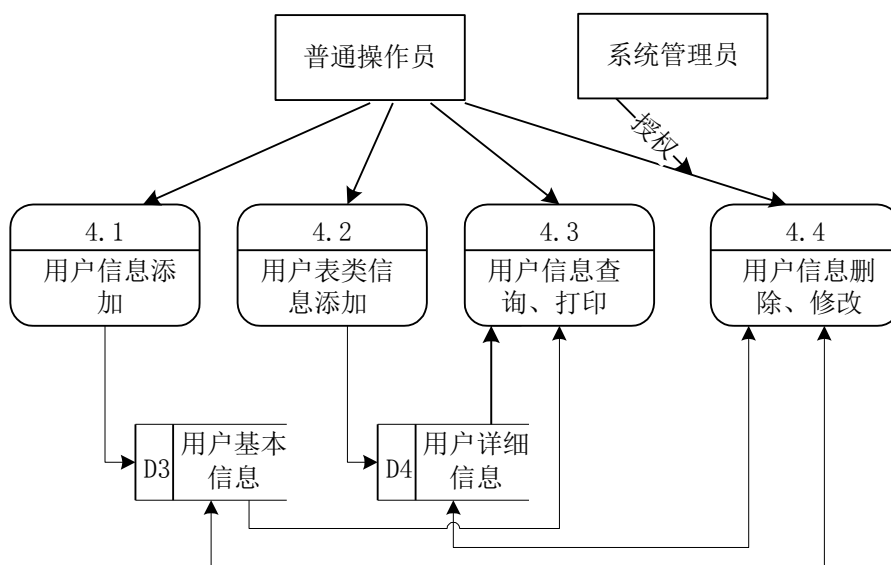


图 2.11 系统第 0 层第四个加工的数据流图

第九节 本章小结

本章对一卡通智能仪表信息管理系统的需求分析进行了论述,用实体关系图的方式给出了系统的实体关系描述,给出了系统的业务流程分析,并以结构化需求分析的手段用数据流图、数据字典等方式给出了系统的全景图以及数据流图,该阶段的工作为下一章的系统设计打下了良好的基础。

第3章 系统设计

软件工程项目中，系统设计的任务是给出需求分析阶段所确定的软件功能和性能的实现方案，把需求分析阶段的数据流图转换成设计阶段的程序流程图；将分析阶段的数据字典等转换成设计阶段的数据库设计，从而给出软件功能的具体实现流程，同时对系统实现的关键技术给出模型和测试案例，它们也将成为软件实现阶段的基础。

第一节 系统约定

所谓系统约定，是指在系统实现阶段应该采用的系统实现方法，包括变量以及各类函数的命名、接口协议以及各类通信方式的定义等内容，它定义了软件实现部分的一些内容和框架。约定内容如下：

(1) 不论采用哪一种语言编程对软件实现，系统使用过程中只能存在一个操作员，目的是能够对售水（热）等进行记录跟踪，因此，定义一个全局变量：`czy`，它将代表最新登陆的一个操作员。

(2) 对于所售商品的价格一项，在系统使用过程中也同样只能存在一个变量，`spdj` 它表示你想售产品的单价，当选择销售另外一种商品时，系统自动更新该变量的值。

(3) 水表卡数据标注

所有表的标志字是在 IC 卡的 20,21,22 处存放用户的卡号。

(4) 热量表数据标志

热量表和水表的购买量存放位置在 60,61,62,63 处，其中前三个位置是整数，后一个位置是小数。数字都是 16 进制表示。

(5) 系统设计保证退出时的数据库处于加密状态，系统运行过程中数据库处于打开状态，因此，系统设计约定操作员登陆正常后打开数据库，如果登陆出现异常，系统退出，数据库依然安全；使用过程中非常退出，数据库可能不是安全，需要用软件检查数据库的安全性，以确定数据库能否正确打开。

第二节 系统功能设计

需求分析阶段已经明确系统需要具备的功能，并给出了系统的数据流图和数据字典，根据这些功能本节给出功能设计流程图。首先从需求分析，可以得到系

统的功能模块图：

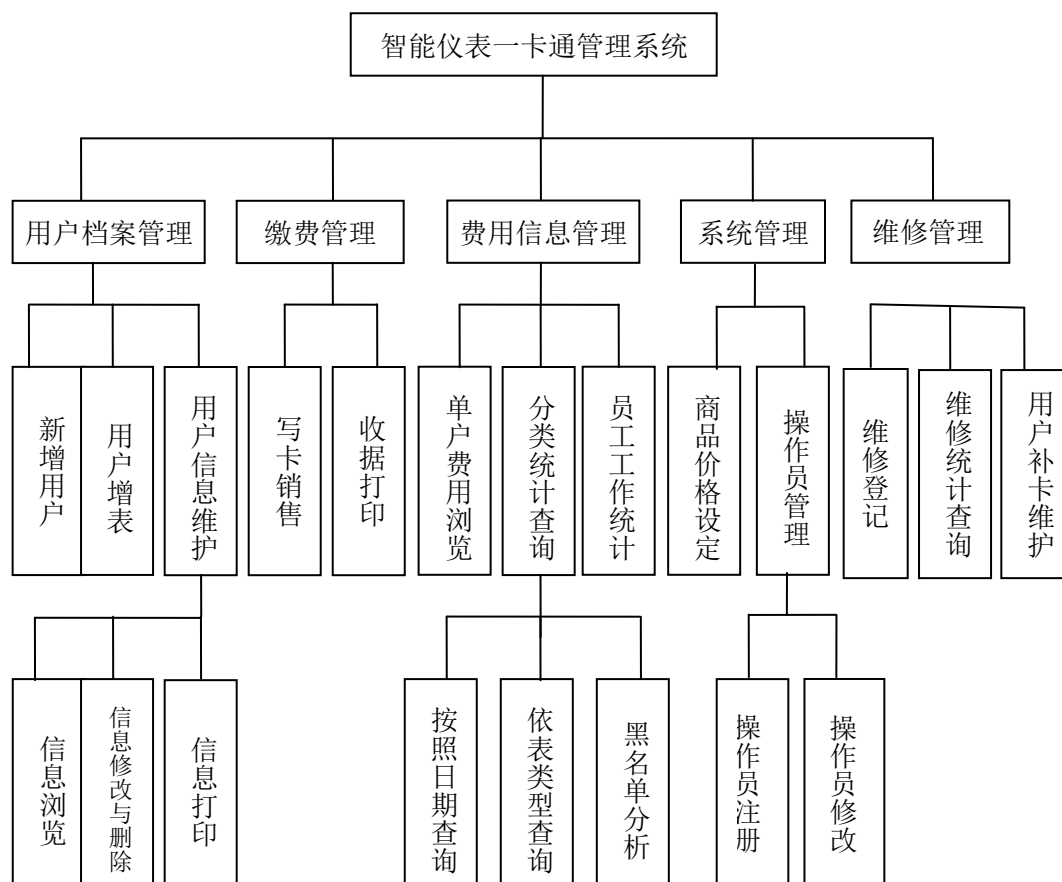


图 3.1 系统功能模块图

3.2.1 用户档案管理设计

从需求分析确定功能出发，用户管理需要进行用户信息库的建立，并添加用户智能表的信息，由于每个用户家中可能有多于一块的智能表，因此，系统允许用户进行多块智能表的添加。

同时在该功能模块中，也可以实现用户信息的浏览和打印，同样也要在系统管理员授权的情形下能够实现信息的更改和删除。

该功能模块需要注意的事项是：

(1) 用户基本信息数据库用于存储用户基本信息，而含有各种仪表的数据库则存在另外一个用户详细数据库中。

(2) 将用户信息进行删除或者修改时，本模块涉及到的两个数据库必须同时更新。

(3) 该模块是用户的基础信息，这些信息一般来源于物业或者售楼处。

该设计源于系统需求分析阶段的第四个加工，即图 2.11 的数据流流图，因此，该阶段完成了第四个加工的功能 4.1-4.4 的功能设计，其中用户信息删除、修改的程序设计流程图如下图 3.2。

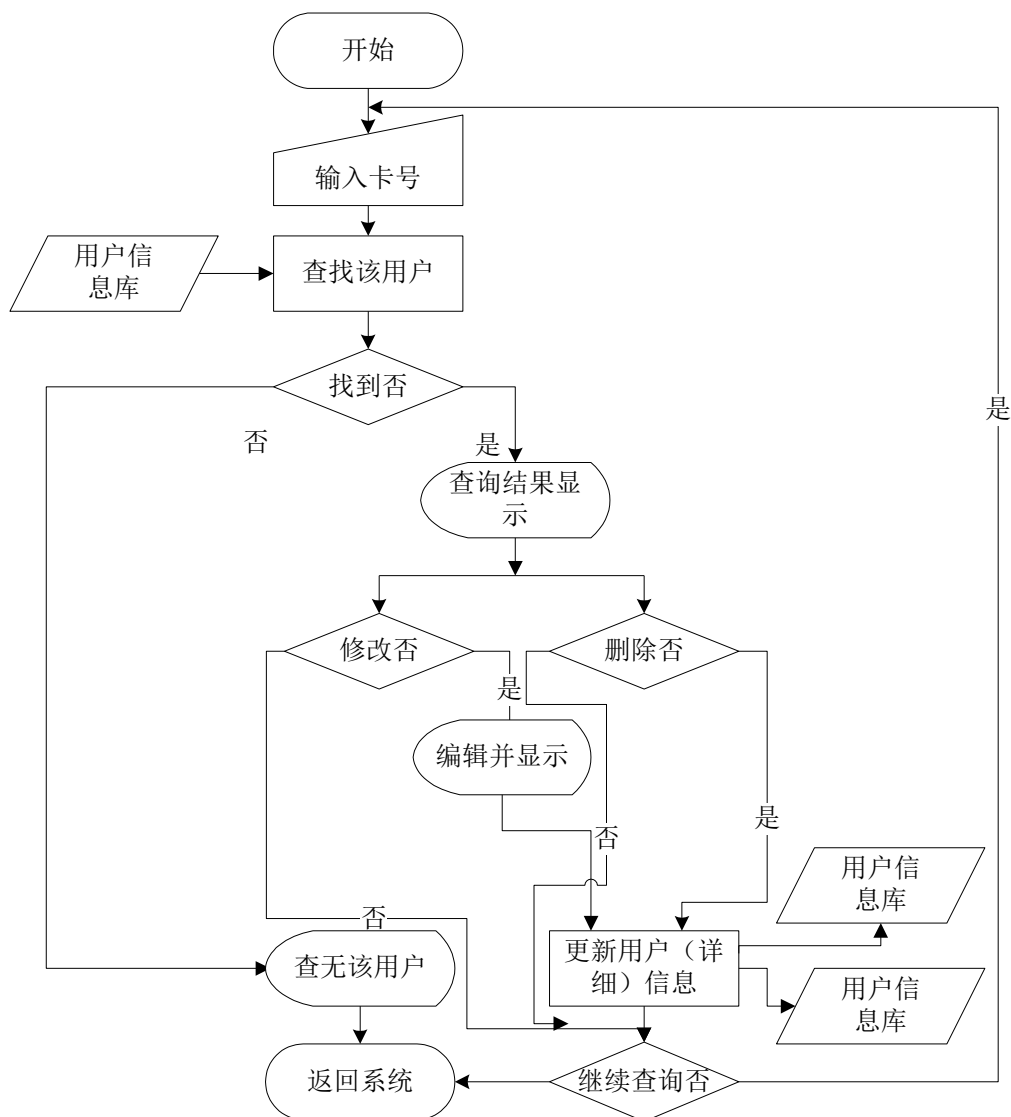


图 3.2 用户档案查询修改模块流程图图

3.2.2 缴费管理设计

缴费管理是本系统的核心模块，因为这个功能涉及到所有用户，而且该模块也是使用最为频繁的模块之一。用户通过该模块进行缴费，从而能够使用仪表，同时，缴费后的信息也对管理部门有至关重要的作用。

缴费业务流程在需求分析阶段已经给予了清晰的描述，用户购买商品的凭借是用户手中的 IC 卡，因此，用户如果没有携带智能卡，购买则无法完成。该阶段的数据流图是系统的第二个加工，其功能包括售卖冷水、热水、冷能和热能、

打印发票等功能，其中售卖冷水的程序流程图如图 3.3。

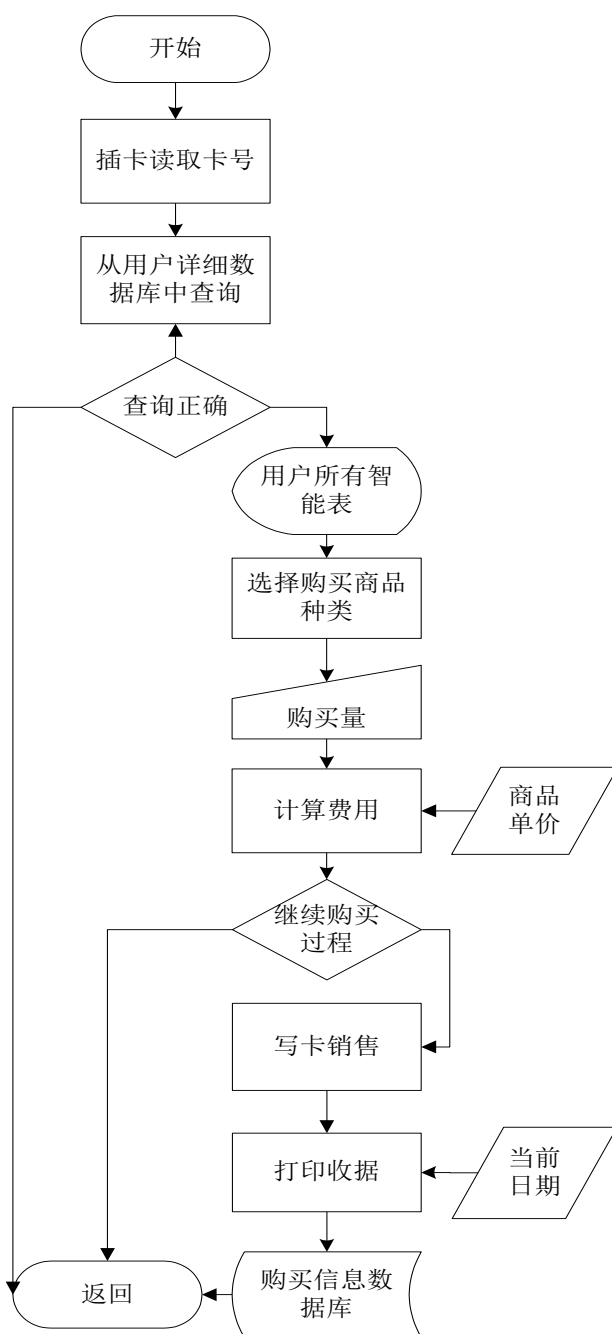


图 3.3 售卖水程序设计流程图

3.2.3 费用管理模块设计

费用管理是该系统的另外一个重要功能，通过该功能的统计查询功能等，可以为管理者提供决策依据，同时，对于商品的销售情况、费用收取情况等也能够有良好的了解。

该模块是从系统需求分析的第三个加工得到的，包括各类查询，报表打印等功能，其中，该功能模块里分类统计查询的流程图如图 3.4。

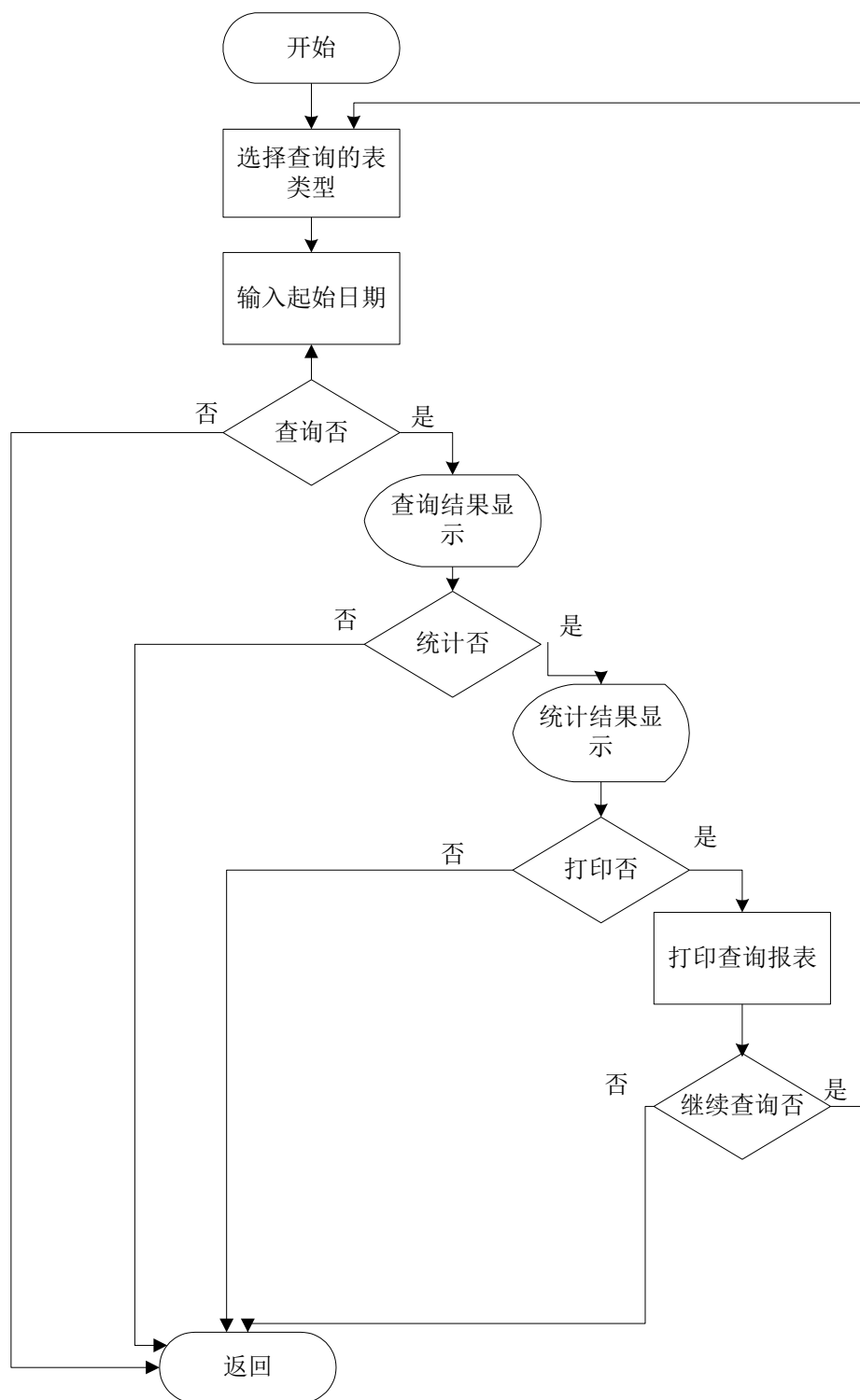


图 3.4 查询统计模块程序流程图

3.2.4 系统管理模块设计

系统管理的功能之一是由系统管理员完成操作员的注册，给予操作员分配代号(ID)和密码，但是需要注意的是，设计规定，操作员信息库保存的是操作员代号和代号与密码的运算结果，所以即使是有人查看到操作员数据信息，如果操作

员自己不泄露密码，一般情形下他人也无法假冒登陆。

同时，系统管理的另外一个功能是允许系统管理员对操作员进行密码的重新设计以及删除，设计要求：

如果不允许某个操作人员再次操作系统，系统管理员可以修改其密码，这样此人即不能再登陆系统。

此外，商品价格的修改也是系统管理完成的功能之一，该功能模块的设计要求是：

商品价格信息不保存价格变动的历史记录，只保存最新一次的价格以及其设定的时间，该信息主要为售卖商品之用。该模块对应需求分析的第一个加工，这里，系统管理员对普通操作员的注册管理程序流程图如图 3.5。

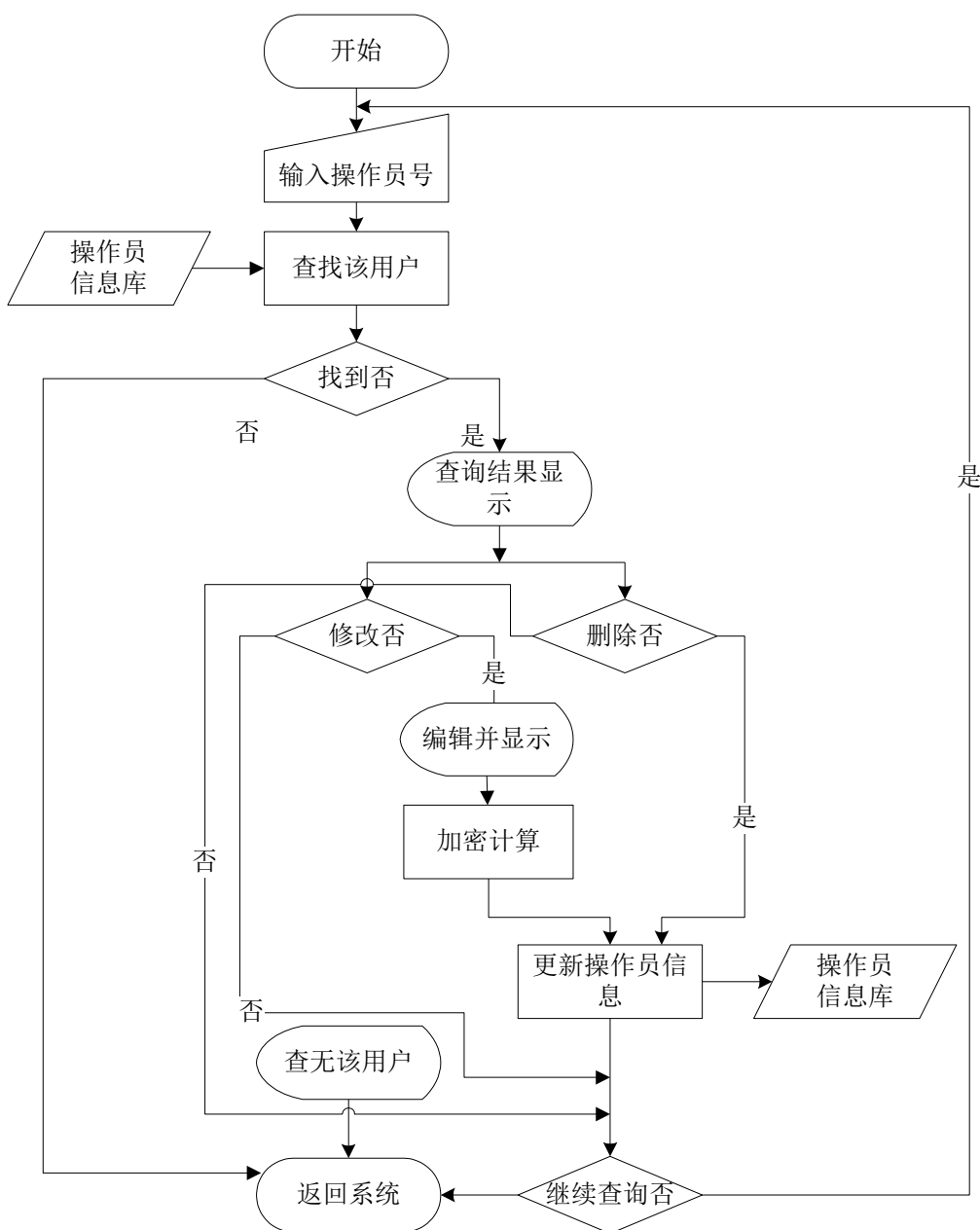


图 3.5 对操作员信息查询、删除程序流程图

3.2.5 功能卡制作模块设计

该模块主要依赖于智能仪表的设计，功能卡主要用于对仪表进行维修，这些卡包括清零卡，检修卡，打压卡等。

清零卡主要用于清除卡中的相关信息，使其成为一张原始卡，可以初始化为任何用户使用，该设计严格依照卡中信息执行。

检修卡具备同样的功能，它能够读取智能仪表中的数据信息到卡中，为智能仪表的故障分析提供参考。

打压卡是一种功能卡，将该卡插入任何仪表中，都能给仪表冲入一定数量的商品，以便使仪表能够运行并进行测试。

该模块的实现关键主要是各种卡的数据存储，不同的厂家可能有所不同，因为这些数据和智能仪表的设计相关联。

3.2.6 维修管理模块设计

维修管理模块是在需求分析阶段数据流图的第五个加工，该功能模块主要用于对智能仪表的维修进行登记管理，而不负责维修的过程管理，登记的内容包括一些用户信息，维修原因，保修时间和维修完成时间等，可以对智能仪表的智能跟踪，也可以对用户购买情况进行分析。

第三节 数据库设计

该系统中，数据库是该系统的一个关键组成部分，因为系统需要从数据库中进行信息的读写、分析。从需求分析的数据字典中，我们可以看出，系统需要设计如下数据库：操作员信息数据库、用户数据库、用户详细数据库、收费信息数据库、收费信息临时数据库以及维修记录数据库。

表 3.1 操作员信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
CZYID	数值型	10	数字格式的操作员代号
MIMA	字符型	6	

2. 用户档案信息库结构

表 3.2 用户档案信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
NAME	文本型	20	数字格式的操作员代号

ADDR	文本型	40	
TELE	文本型	20	
ID	文本	20	
CARDNUMBER	文本	6	
BIAONUMBER	数字型	6	
NOTE	文本型	40	备注信息

3. 用户用表详细信息库结构

表 3.3 用户详细信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
NAME	文本型	20	数字格式的操作员代号
ADDR	文本型	40	
TELE	文本型	20	
ID	文本	20	
CARDNUMBER	文本	6	
BIAONUMBER	数字型	6	
BIAOTYPE	文本型	20	
AZDATA	日期/时间		
BIAOHAO	整型	自动	
NOTE	文本型	40	备注信息

4. 商品价格信息库结构

商品价格信息只保持了最新的价格信息，该库不能查询商品的历史价格信息，因为这些信息是公开透明的，由政府主导，从简单设计的原则出发，该表设定结构如

表 3.4 商品价格信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
LS	双精度型	自动	冷水价格
RS	双精度型	自动	热水价格
RN	双精度型	自动	热能价格
LN	双精度型	自动	冷能价格
SDRQ	日期/时间		最后设定价格的日期

5. 销售信息库结构

该表保存的大量的用户购买信息,软件实现过程中,有些信息可以不予显示,保存这些信息的目的只有一旦出现问题有据可查。

表 3.5 费用信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
NAME	文本型	20	数字格式的操作员代号
ADDR	文本型	40	
TELE	文本型	20	
ID	文本	20	
CARDNUMBER	文本	6	
BIAONUMBER	数字型	6	
BIAOTYPE	文本型	20	
AZDATA	日期/时间		
BIAOHAO	整型	自动	
NOTE	文本型	40	备注信息
BUYDATA	日期/时间		
BUYSUM	数字型		
FEISUM	数字型		
DH	文本型		操作员代号

6. 销售信息临时数据库结构

销售信息临时数据库建立的目的是保存中间过程产生的结果,如销售信息的查询结果,这些信息于系统的应用没有太大实际关系,所以该库中只保留最近一次的查询结果,不能作为任何证据而使用,其数据结构和用户购买信息数据库的结构相同。

7. 维修记录库结构

维修记录保存对用户的某块仪表进行维修的记录,维修过程不在表里进行保存,该表主要用于对智能仪表的使用情况进行信息汇总。

表 3.6 维修记录信息库结构

字段名称	数据格式	数据长度	说明
NAME	文本型	20	数字格式的操作员代号
ADDR	文本型	40	
TELE	文本型	20	

ID	文本	20	
CARDNUMBER	文本	6	
BIAONUMBER	数字型	6	
BIAOTYPE	文本型	20	
AZDATA	日期/时间		
BIAOHAO	整型	自动	
NOTE	文本型	40	备注信息
BXRQ	日期/时间		
WXLX	文本型		
WXRQ	日期/时间		
WXRY	文本型		操作员代号

第四节 系统安全设计

系统安全只能保证一定程度上的安全，由于系统涉及到费用等信息，因此，系统设计必须考虑安全设计。从系统的功能看，该系统一方面必须保证操作的安全，即保证操作员正确登陆系统，无关人员无法登陆系统；另一方面，系统的数据库安全也是一个非常重要的方面，因此系统的全部信息都在数据库中，所以，系统设计中考虑了这两个方面的安全因素。

3.4.1 数据库安全

一般地，数据库安全采用两种方法实现，一种是数据库依靠自身的安全机制保证数据的安全，另外一个方面则采用加密技术手段保证信息的安全，而系统使用的 ACCESS 数据库本身并不具备严格的保密机制，因此，我们将采用加密手段保证数据库的安全^[21-24]。

数据库加密方式一般分为两种，一种是库内加密，即对数据库的记录进行加密处理，数据库的格式本身并没有改变，系统应用时，先进行解密，否则数据库记录无法应用，其原理如图 3.6 所示。

另外一种数据库加密方式是库外加密，即对数据库进行包括记录在内的整个文件进行整体加密。该类加密方式应用方法一般为：进入系统首先解密文件使其成为可以应用的数据库文件，系统在正常使用过程中，所有数据库记录是以原始的形式记录在数据库中。在系统完成退出前，进行数据库加密，而后正常退出，此时，数据库便不能再使用。其原理如图 3.7 所示

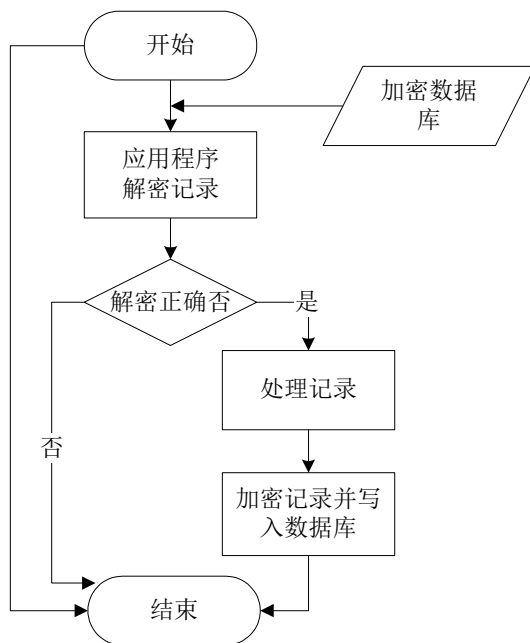


图 3.6 数据库库内加密流程图

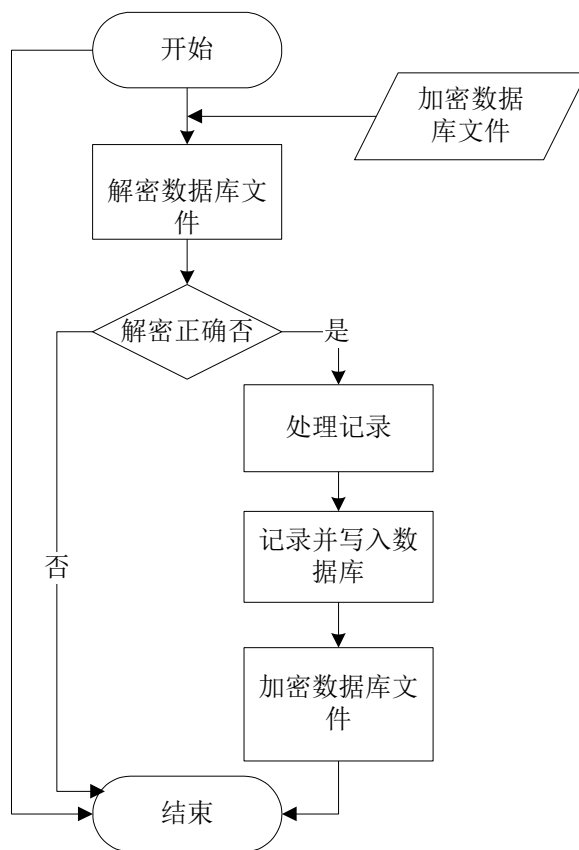


图 3.7 数据库库外加密流程图

一般建议，对于具有小数量记录的数据库来说，可以采用库内加密方式保证数据库的安全；而对于具有大量记录的数据库来说，则库外加密技术更加实用。

为了保证数据库的安全，特别是操作员信息和购买信息的安全，本系统对操

作人员信息进行库内加密；而对购买的信息则采用库外加密技术。其中，库内加密方法设计思路如下

对具有数值型的操作员代号进行数值的平方运算而后与自身进行异或运算作为操作员代号存入数据库，其密码则采用生成的秘密代号与操作员输入的密码进行异或运算后的数据。例如：

如果操作员实际代号为 123，则其平方为 15129，二者异或后产生的数值为 15202，如果操作员输入的密码是 890045，则该操作员的实际存储密码为 896991。

对于库外加密，则采用对称加密算法对费用信息库进行加密，密码由系统管理员根据需求设定。

3.4.2 有限时间的版权保护

为了保护公司的利益不受到损害，该软件设计有效时间的版权保护，即在安装后的一段时间内，如果公司认为所售卖的仪表没有及时收回费用，那么软件将自动不能使用。

设定技术可以通过在用户的注册表中增加一些信息，以达到实现软件保护的目，当然，也可以通过其他技术手段实现，需要注意的是，如果公司认为一段时间内没有利益纠纷，将提供升级版，即为非加密版本的软件给客户，以使用户正常使用该软件产品。

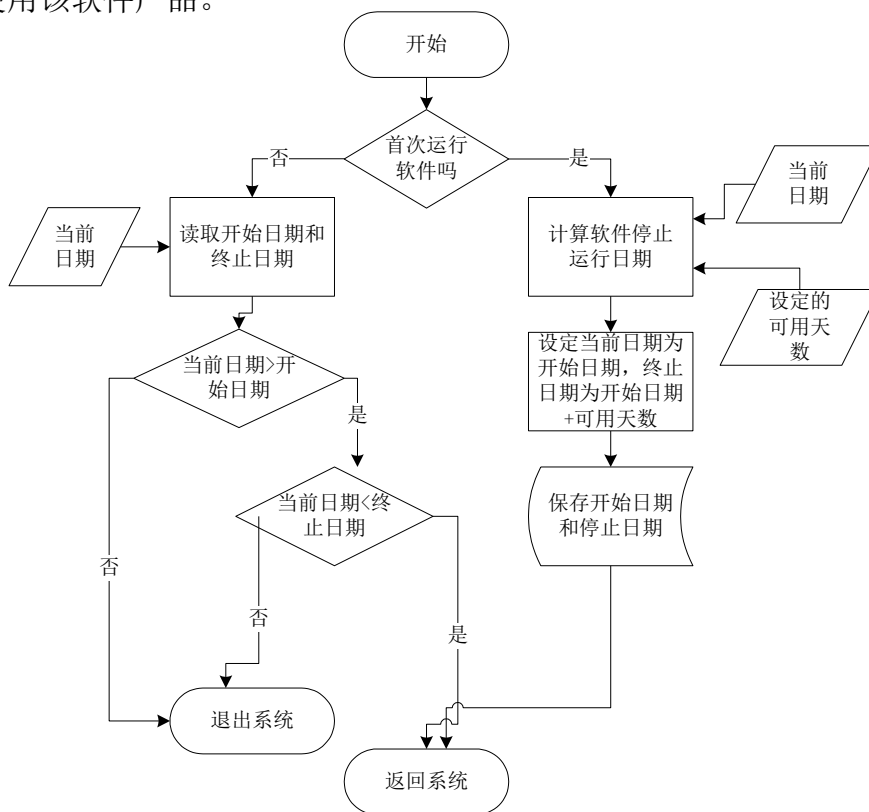


图 3.8 有限时间版权保护流程图

3.4.3 IC 卡信息安全设计

虽然该软件为一个与智能仪表配套产品，但是由于系统包含的设备较多，如智能仪表、读写卡器、IC 卡、计算机以及打印机等多种设备，因此任何一个设备出现问题，都可能影响到软件的使用。特别是 IC 卡这一关键产品的安全至关重要，不仅需要 IC 卡本身不能被破译，而且卡中的数据必须充分安全。

IC 卡信息的安全涉及到两个方面，其一是密码的设计，IC 卡密码对用户不是透明的，而且用户也只关心自己的卡能否使用；所以，设计一个安全的 IC 卡密码，用于与智能仪表进行信息读写，该设计由于是对称密码，因此密码可以与用户的表号和卡号有关，密码长度为 6 位。

但是，由于系统是和智能仪表配合使用，因此，密码算法必须和智能仪表相一致，这样才能将卡中的数据写到智能仪表中，这里我们实现的密码算法如下：

(1) 读取用户卡号；(2) 读取卡号后 3 位，而后将此数据进行平方相乘后，加上 2；

(3) 将上面得到的数据域卡号得前 6 个字节进行异或操作，形成该卡的密码。

例：卡号 $h=12345678$ ，取后三位 678，平方后为 459684，这样 459684 与 123456 进行异或操作后生成的 451044 即为该卡号 12345678 对应的卡的密码。当所有的仪表都采用这样的密码算法后，一卡多用即成为可能。对 IC 卡进行读写操作的流程图如：

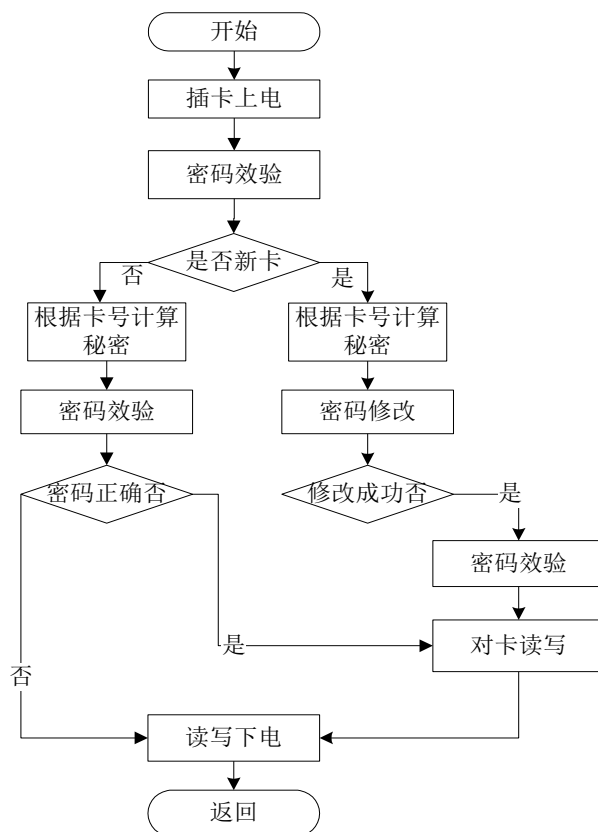


图 3.9 IC 卡读写程序流程图

3.4.4 相关算法设计

需求分析阶段提出一个功能，即要求系统具有对用户进行稽查的功能。由于物业或者是公司害怕用户盗窃能源，包括水、热等能源，因此希望该功能能够从众多的用户中挑出可疑用户。该功能设计算法如下

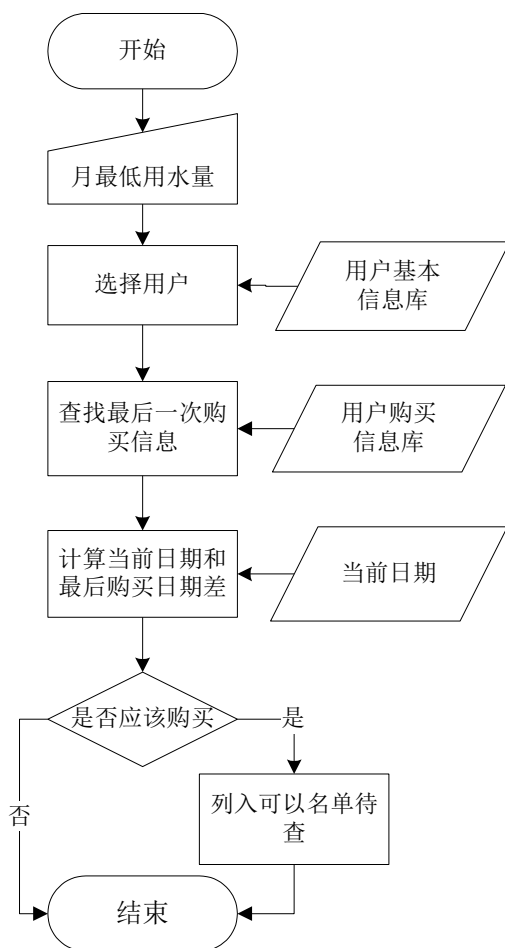


图 3.10 用户稽查功能设计流程图

第五节 关键测试用例设计

软件工程中的系统测试是软件完成的一个重要环节，设计良好的测试用例能够很好地检查程序的完备性、软件的易用性以及其功能，为了使得该系统能够得到完好的测试，表 3.8 中给出了几个关键的测试用例。

3.5.1 系统管理模块测试用例

系统管理模块里的一个重要内容是操作员信息的库内加密处理，操作员代号为 3

到4位的一个整数，存储的数据生成方法前已经给出，在此给出4个测试用例：

表 3.7 系统管理模块关键测试用例

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	库内加密算法	代号：100	存储代号:10100	
		密码：012345	存储密码:ABA100	
代号：1234		存储代号:1521814		
密码：012345		存储密码：BGC814		
3		代号：abcd 密码：012345	无法生成存储代号和 存储密码	
4	用户修改（删除） 功能	修改(删除)一个用户姓名 信息	用户基本信息库和详细 信息库中的名称全部 修改(删除)	

3.5.2 缴费管理模块测试用例

该模块最重要的实现是写卡，如果写入卡中的数据 and 用户购买的商品数量不一致，将是系统致命性错误，因此，在该模块测试用例完成如下两个功能：

(1) 系统规定购买量为小数点后面最多一位或者为整数，因此测试所写数据的完整性；

(2) 因为该系统满足一卡多用的功能，因此需要测试系统能够在不同种类的商品之间进行购买的切换，为此设计如下测试用例。

表 3.8 缴费管理模块关键测试用例

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	写卡功能数据 检验	购买量 3	卡中数据为：3	
2		购买 300 元，假 定单价 4.8	卡中数据为：62.5	
3		购买量 2000.5	卡中数据为：2000.5	
4	在不同种类仪 表中进行写卡 功能数据切换	买水买热能切换 100.3 到 3000	卡中数据正常	
5		买热买水能切换 2000.4 到 457	卡中数据正常	

3.5.3 费用管理模块测试用例

该功能模块的主要作用是实现费用信息库的正确查询和统计，由于系统设计采用了临时数据库的思想，所以应该重点测试临时数据库的使用是否正确，只有这个数据正确，统计结果和打印结果才能正常；同时测试销售的数据是否正确地添加在了费用信息库中。测试用例如表 3.9：

表 3.9 费用管理模块关键测试用例

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	销售数据是否存入费用信息库	购买量水 3	这些记录和操作员信息都在费用信息库中	
2		购买水 300 元，假定单价 4.8		
3		购买热量 2000.5		
4	临时费用数据库的应用时否正确	查询某个人的购买记录	临时数据库记录数据正常	
5		查询某个时间段的购买记录	临时数据库记录数据正常	
6		查询某类表的购买记录	临时数据库记录数据正常	

3.5.4 综合测试用例设计

综合测试的目的是将系统看做一个整体进行整体功能的确认测试，从而验证系统功能的可靠性。由于系统需要和外部设备（智能仪表）进行交互，因此系统本身的功能是一个方面，同时还要考虑到和外部的交互，所以，进行如下方面的综合测试用例设计：

(1) 系统非正常关闭下的重新访问功能

测试在系统突然重新启动或者断电时再进入系统的能力。因为系统采用了数据库外加密处理，系统正常操作没有问题，如果出现非正常操作系统能否运行是需要进行确认的。

(2) 在写卡的过程中遇到系统故障入断电、或者卡没有插好等情形时，系统的功能是否正常。

测试案例如表：

表 3.10 综合测试用例

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	电脑突然重启后系统再运行能力	系统运行过程中电脑重新启动	系统再启动能够正常运行	
2	系统正在执行写卡操作，此时电脑断电或者重启	查看购买记录是否添加	没有出现写卡完毕，记录应该没有增加；否则应该增加	
3	系统已经执行完写卡操作，此时电脑断电或者重启	还能否打印出收据（发票）	能	

第六节 本章小结

本章给出了系统的设计流程图、数据库设计以及系统的关键技术设计如系统安全设计，并给出了安全设计模型。

同时，为了下一个阶段能够将系统实现进行的更加完善并达到需求分析阶段的功能需求，本章还论述了系统的关键测试案例设计，这些都将成为软件实现阶段的指南。

第4章 系统编码与实现

软件工程项目的系统设计是系统实现的基础,系统实现阶段将遵照系统设计阶段完成的功能、性能以及其他设计方案去完成。实现阶段将进行系统配置、语言选择、编程实现,最终形成可以进行最终测试的软件。本章给出了部分主要功能模块的关键代码和实现描述,同时对实现方法进行了简单分析。

第一节 系统配置

开发软件的目的是为用户所用,这是软件工程的最终目的和最高境界,如果开发的软件用户不能使用,即使软件界面再华丽、功能和配置再强大,软件也将一文不值。由于该软件应用面极为广泛,且操作人员的计算机水平普遍为一般水平,单位的计算机配置也较为简单,为此,在充分调研的基础上,提出如下的软件最简单配置。

开发语言:选择简单易用的 Visual Basic 6.0^[25-30],配置各种需要的控件以完成需要的功能;

运行平台:Windows XP 及以上版本;

支持软件:Office 2003 系列、读写设备工具箱;

读写设备:广州德生金卡公司的接触和非接触卡通用读写器。

打印设备:支持各种类型打印机;

支持设备:公司的各类智能仪表,各类 IC 卡。

第二节 有限时间软件版权的实现

软件有限时间使用功能可以使用两种软件技术完成,其一是采用秘密文件保存方法,通过对文件的读取和时间的判断完成该功能,即在给用户安装软件时,保存一个隐含文件,每天软件运行时,通过对该文件的读取和写入,可以知道软件的使用时间,从而使得软件超过使用日期后自动停止运行。

另外一种方法则是通过对注册表进行读写实现软件使用日期的控制,注册表表示计算机系统的核心,它储存了大量的系统信息,这些信息可以有效控制计算机的运行。因此,通过对注册表进行操作也能实现该功能。

从现在计算机的安全体系考虑,先进的 Windows 系统在应用软件修改注册表时均给出了相应的提示,所以,如何给用户解释需要销售人员的工作;而利用秘

密文件储存的方式则必须保证文件不能被破坏才能具有较好的使用效果。这里，系统采用注册表方法进行实现，基本代码如下：

```

str = GetSetting("the Software", "Expiry", "Initial Date") '取得注册表中的键值,
                                                    如果不存在则建立
If Len(Trim(str)) < 1 Then 'If the Registry Value is not set then Set the Value
    SaveSetting "the Software", "Expiry", "Initial Date", Date
    expDate = DateAdd("d", 200, Date) 'Add 15 days to the Current Date
    SaveSetting "the Software", "Expiry", "Expiry Date", expDate
Else '存在的情形下处理
    str1 = GetSetting("the Software", "Expiry", "Used Date")
    If Len(Trim(str1)) < 1 Then
        str = GetSetting("the Software", "Expiry", "Initial Date")
        initialDate = CDate(str)
        str2 = GetSetting("the Software", "Expiry", "Expiry Date")
        expDate = CDate(str2)
        If Date > expDate Or Date < initialDate Then
            'Value of the SOftware then only the Program will run
            SaveSetting "the Software", "Expiry", "Used Date", "True" 'Now
            set the Used Date value to True
            'MsgBox "Software has Expired; You cannot run the Software
            by Setting the Date Backwards", vbExclamation, "Software Expired"
            Unload Me
        End If
    Else
        'MsgBox "Software has Expired; You cannot run the Software by
        Setting the Date Backwards", vbExclamation, "Software Expired"
        Unload Me
    End If
End If

```

图 4.1 设定软件运行时间的代码

第三节 系统登陆实现

具有操作权限的操作员才能够登陆系统，程序启动后出现的画面如图 4.2，此时，只有具有权限的操作员登陆才能进入，当操作员输入自己的信息后，点击“进入系统”，此时，如果输入了正确的信息，即可进入系统主界面，否则系统将给出提示信息，系统退出。

系统登陆的同时，将检查数据文件的格式是否已经加密，如果加密，则需要加密处理。

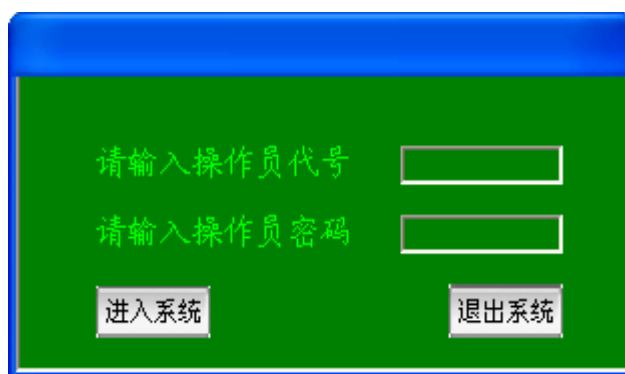


图 4.2 系统登陆界面

4.3.1 关键代码

此时，在界面启动时，首先要检查数据库是否已经加密，如果加密将先解密，否则将直接运行：

```
Set xink = New ADODB.Recordset
Set sjklj = New ADODB.Connection
sjklj.Open "driver={microsoft access driver (*.mdb)};dbq=" &
App.Path & "dangan.mdb"
strsql = "select userid,userpassword,usermail,useraddr,usercard
from userinfo"
xink.Open strsql, cn, adOpenKeyset, adLockOptimistic
if xink.recordcount<0
    decrypt('dangan.mdb')
end
```

第四节 用户信息管理功能实现

在“用户登记”菜单下，单击该菜单出现下列窗口



图 4.3 用户登记界面

此时单击“增加记录”后，可以输入用户的相关信息，而后点击“确定”或者“取消”可以对输入的内容表示认可或否定。其它的按钮可以显示记录的相关内容，注意的是，如果输入的卡号在数据库中重复，系统会提示重新输入卡号，即保持用户一户一卡。如果点击“用户卡表登记”菜单项，则出现如图 4.4 所示的界面，此时从“卡号选择”里选择用户，在下面的“卡表信息”里输入相应的信息，而后点击“增加”，正确操作后，会出现“增加完成的窗口”，点击“确定”完成该用户的表类增加，增加完成后，界面的下面表格里即出现增加的仪表。图 4.5 显示的是用户增加冷水表后的界面。可以为用户增加多类表，目前支持的表类有“冷水表”，“热水表”，“热量表”，“冷热计量表”，“日期型热表”“离开”退回到主菜单。

姓名	卡号	证件号	表数	表的类型	安装日期	表号
张四海	000012	2	2	公用水表	2010-10-10	1
张四海	000012	2		热水表	2010-5-10	1

图 4.4 用户卡表登记界面

姓名	卡号	证件号	表数	表的类型	安装日期	表号
张四海	000012	2	2	公用水表	2010-10-10	1
张四海	000012	2		热水表	2010-5-10	1
张四海	000012	2		冷水表	2013-4-5	2

图 4.5 用户添加卡表后的界面

“用户档案维护”功能里的界面如图 4.6，此时，可以通过卡号或者用户名进行选择，而后表里即可出现用户家庭的表数和类型。系统允许进行用户基本信息的修改和删除，修改了用户的基本信息，同时详细信息也自动进行了修改。但是，删除了用户的基本信息，用户的详细信息无法删除，必须到下一个功能里进行。

用户档案维护

卡号选择: 000012 姓名选择: 张四海

用户基本信息

姓名	地址	电话	证件号	卡号	备注	表数
张四海	14号楼1门1802	1390113296	2	000012		

用户表详细信息

姓名	地址	卡号	表型	安装日期	表号
张四海	14号楼1门18	000012	公用水表	2004-5-10	1
张四海	14号楼1门18	000012	热水表	2004-5-10	1

确认修改 删除 退出

图 4.6 用户档案维护界面

第五节 缴费管理功能实现

4.5.1 功能实现

该功能是进行售水、热等各种能量的关键模块，要求用户已经存在且已经加入了表的情形下才能使用。根据程序设计流程，该功能实现了商品的售卖管理，用户只需持卡到营业部门，即可轻松实现购买。实现界面如下：

首先在读写器中插入用户的 IC 卡，而后点击“插卡读取”，则在表格中显示该用户的所有用表，再在“用户家庭用表情况”表里选择需要购买的表类，注意的是如果购买的“天数热量表”，则必须在天数上边输入购买的天数，输入完成后，总价自动计算。点击“写卡销售”，根据出现的提示即可完成写卡的过程。
注意：

购买量输入后，不能修改，点击总价，内容自动计算，不能修改，而且如果输入错误，必须重新选择“插卡读取”。如图 4.7 所示。

同样，在总价一栏输入钱数（元），购买量会自动计算，此时相关信息也不能修改。如图 4.8 所示。

能量购买主窗口

用户家庭用表情况										
姓名	地址	电话	证件号	卡号	表数	备注	表型	表号	安装日期	
张力	3号楼11	010-436705	5	000005	3		日期型表	1	2010-9-2	
▶ 张力	3号楼11	010-436705	5	000005	3		热水表	1	2010-9-2	
张力	3号楼11	010-436705	5	000005	3		冷水表	1	2010-9-2	
*										

重要提示! 你的选择是 **热水表**

购买量 单价 总价 日期 天数

图 4.7 能量购买输入购买量时的界面

能量购买主窗口

用户家庭用表情况										
姓名	地址	电话	证件号	卡号	表数	备注	表型	表号	安装日期	
张力	3号楼11	010-436705	5	000005	3		日期型表	1	2010-9-2	
张力	3号楼11	010-436705	5	000005	3		热水表	1	2010-9-2	
▶ 张力	3号楼1	010-436705	5	000005	3		冷水表	1	2010-9-2	
*										

重要提示! 你的选择是 **冷水表**

购买量 单价 总价 日期 天数

图 4.8 能量购买输入总价时的界面

4.5.2 关键代码

写卡销售功能能够同时完成表类型的写卡操作，只要定义好和智能仪表的接口，功能实现均可集成在一起，这里根据设计阶段的流程图，仅给出热量表的写

卡部分代码实现。

```

btype = "热量表"
Text1.Enabled = True
ErrVal = UnLinkCom() '
ErrVal = AutoLinkCom(Port)
'select card type
ErrVal = SelectCard(SLE4442)
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H20, 1, aa(0)) '得到卡号
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H21, 1, aa(1))
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H22, 1, aa(2))
...
ErrVal = CheckSecret(3, tmpSecret(0))
If ErrVal <> 0 Then
    MsgBox ("密码效验错误")
    Exit Sub
End If
....
ErrVal = WriteCard(AZ, 0, &H60, 1, xx) '写热量
ErrVal = WriteCard(AZ, 0, &H61, 1, xx)
ErrVal = WriteCard(AZ, 0, &H62, 1, xx) '整数部分完毕
MsgBox("写卡完毕", vbOKOnly, "信息提示")
Data2.Recordset.Update '更新费用数据库
MsgBox("数据更新完毕", vbOKOnly, "信息提示")
ErrVal = UnLinkCom()
PowerOff

```

图 4.9 写卡销售部分关键代码

第六节 费用管理功能实现

4.6.1 功能实现

在该模块，系统实现了对单一用户的购买商品查询和统计分析，查询的选择可以是用户的卡号，也可以是用户姓名。

当选择后，在表格里可以显示全部的用户购买能量的情况，下面的表格里显示的是用户的总购买量信息，可以选择打印将用户的购买记录全部打印或显示。

其次，系统实现了分表类同时分时期费用的查询、统计与打印功能，在出现的窗口中，可以选择表的类型（冷水、热水等），在时间栏输入合适格式的时间，

注意：终止日期比起始日期晚，日期格式为（1999-10-01），点击相应的功能进行相应的选择，同时统计出此类查询的相关信息于表格底部，可以打印期间的报表。



图 4.10 单个用户购买能量界面

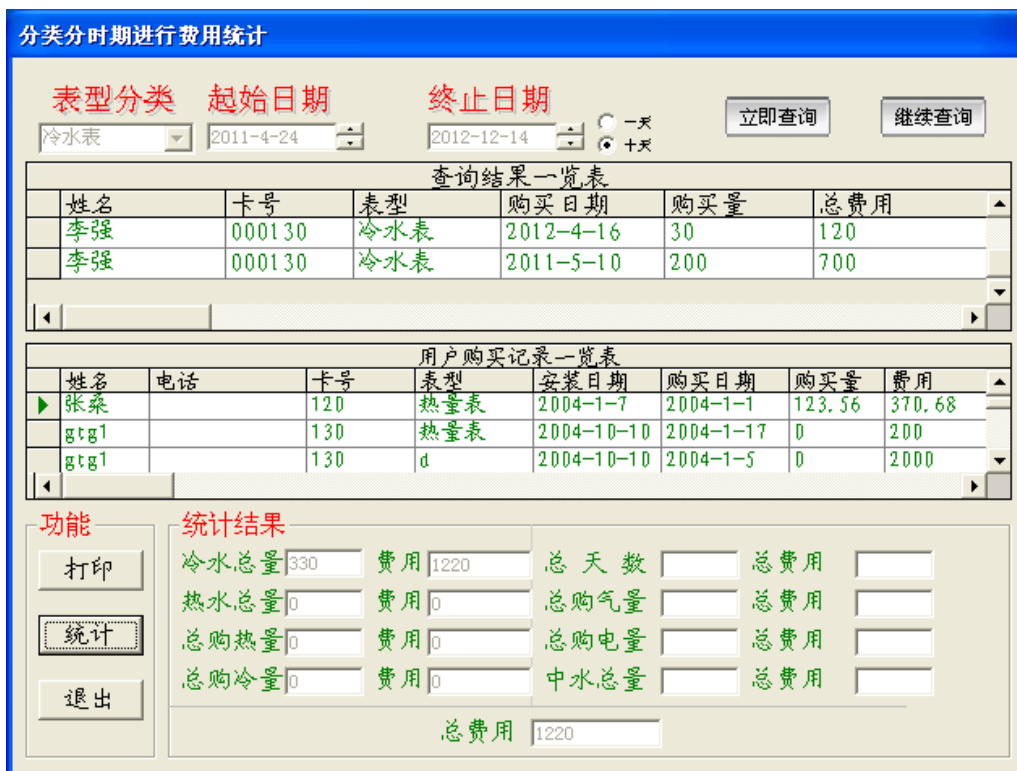


图 4.11 分类分时间统计的界面实现图

4.6.2 关键代码

在分类分时间查询的实现部分，系统设定自己选择日期，并且允许时间增加天数为10，这样可以使选择更快、更方便。

同时，系统的查询结果在上面的表格随着查询结果而改变，且同时可以打印实现。部分代码如下。

```
If (IsDate(Text1.Text) = False) Or (IsDate(Text2.Text) = False) Then
    b = MsgBox("日期格式错误，请重新查询", vbOKOnly, "信息提示")
    Exit Sub
End If
sql = "DROP TABLE ggg"
Set a = conn.Execute(sql)
bm = Trim("ggg")

bb = CStr(d1)
sql = "Select name,cardnumber,biaotype,buydata,buysum,feisum Into " + bm + "
From feiyong Where buydata>=CDate(' " & DateValue(CDate(Text1.Text)) & "') and
buydata<=CDate(' " & DateValue(CDate(Text2.Text)) & "') and biaotype= "' &
Combo1.Text & "' "
Set command.ActiveConnection = conn
command.CommandText = sql
command.Execute
rs1.Open "ggg", conn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
Set DataGrid2.DataSource = rs1
DataGrid2.Caption = "查询结果一览表"
DataGrid2.Columns(0).Caption = "姓名"
DataGrid2.Columns(1).Caption = "卡号"
DataGrid2.Columns(2).Caption = "表型"
DataGrid2.Columns(3).Caption = "购买日期"
DataGrid2.Columns(4).Caption = "购买量"
...
```

图 4.12 费用查询部分关键代码的实现

第七节 系统管理功能实现

系统管理功能不仅能够让系统管理员建立操作员档案，同时也能够实现智能仪表维修需要的一些工具卡，这里包括检修卡、打压测试卡、清零卡等。

检修卡功能是读取智能仪表中的信息，包括剩余的能量等；打压测试卡的功能是使用该卡能够给任何仪表充入一定容量的能量，使其能够使用；而清零卡是

将任何仪表中的能量清零，以便阀门关闭。

对于这些特定卡类的制作，针对不同厂家的仪表可能会有所不同，但是这也是一个智能仪表厂家需要具备的仪表测试、维修工具。只要给出卡的制作原理，这个功能就容易实现。这里给出一个系统管理上的功能实现。

该功能即实现热量表的冷热转换，当用户购买了一定的热量后，如果在冬季没有用完，那么夏季到来时，可以转换为冷能继续使用，点击该功能菜单，出现的界面如图 4.13。

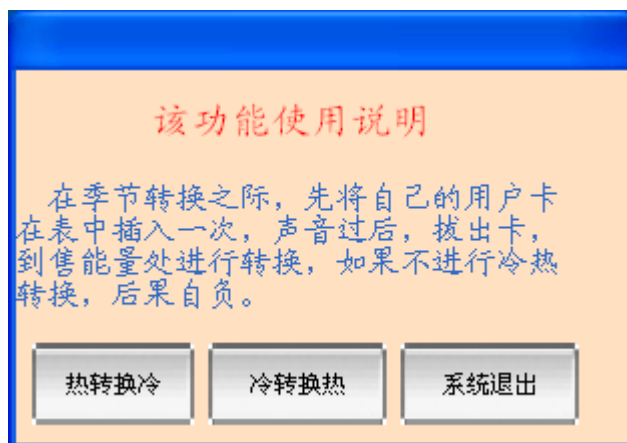


图 4.13 冷热能转换界面

此时，根据需要可以实现冷热转换，只需要将相应的卡插入到读写器，点击按钮即可实现。需要说明的是该功能适用于中央空调的冷热计量表，关键代码如下：

```

ErrVal = UnLinkCom() '
ErrVal = AutoLinkCom(Port)
ErrVal = SelectCard(SLE4442)
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H20, 1, aa(0)) '得到卡号
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H21, 1, aa(1))
ErrVal = ReadCard(AZ, 0, &H22, 1, aa(2))
'密码转换
ErrVal = CheckSecret(3, tmpSecret(0))
If ErrVal <> 0 Then
    MsgBox ("密码效验错误")
    Exit Sub
End If
' 根据卡表定义读取热能值
' 根据热冷能的单位将剩余热转化为冷能
' 写入卡中
If ErrVal = 0 Then
    MsgBox("转换写卡完毕", vbOKOnly, "信息提示")
End If

```

图 4.14 热能转化冷能部分分关键代码的实现

第八节 本章小结

系统编码与实现是软件工程的一个重要环节，它担负着系统功能的具体实现工作。本着方便性、易用性以及实用性的原则，软件得到了具体的实现，本章从论述了系统实现的细节，包括实现的界面和关键代码，从具体功能模块的实现到关键技术的实现都给予了详细的论述。

第 5 章 系统测试

系统测试的目的是验证软件是否完成了需求分析阶段确立的功能与性能等技术指标，同时对系统的一些算法进行测试，以便对软件的功能进行进一步的确认，为软件移交给用户提供一个确认方法。该阶段的测试参考为设计阶段的系统测试案例，本章主要给出了系统关键测试案例的测试结果与分析，为软件的进一步改进和提升提供借鉴。

第一节 系统管理模块测试

在系统管理模块给出的 4 个关键测试用例中，进行了测试，测试结果填入到了实际结果一栏如下表 5.1。

表 5.1 系统管理模块关键测试用例测试结果

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	库内加密算法	代号: 100	存储代号:10100	10100
		密码: 012345	存储密码:005965	005965
代号: 1234		存储代号:1521814	1521814	
密码: 123456		存储密码:1497814	1497814	
3		代号: abcd 密码: 012345	无法生成存储代号和 存储密码	正确
4	用户修改(删除) 功能	修改(删除)一个用户姓名 信息	用户基本信息库和详细 信息库中的名称全部 修改(删除)	修改可以, 删除不能!

对于模块第四个功能测试，虽然删除一个用户基本信息不能将其详细记录删除，但是，实现中给出了删除方法，即通过另外一个功能模块即用户详细档案维护可以进行删除，虽然实现有些繁琐，但是基本可以实现预定功能。

第二节 缴费管理模块测试

该模块测试主要是读写的实现，这是系统最重要的功能实现，在测试案例中测试结果如表 5.2 所示。

表 5.2 缴费管理模块关键测试用例测试结果

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	写卡功能数据 检验	购买量 3	卡中数据为: 3	正确
2		购买 300 元, 假 定单价 4.8	卡中数据为: 62.5	正确
3		购买量 2000.5	卡中数据为: 2000.5	正确
4	在不同种类仪 表中进行写卡 功能数据切换	买水买热能切换 100.3 到 3000	卡中数据正常	正确
5		买热买水能切换 2000.4 到 457	卡中数据正常	正确

第三节 费用管理模块测试

该费用管理的功能模块测试主要依照设计阶段的测试用例进行测试, 测试结果见表 5.3。

表 5.3 费用管理模块关键测试用例测试结果

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	销售数据是否 存入费用信息 库	购买量水 3	这些记录和操作员信 息都在费用信息库中	正确
2		购买水 300 元, 假定单价 4.8		
3		购买热量 2000.5		
4	临时费用数据 库的应用时否 正确	查询某个人的购 买记录	临时数据库记录数据 正常	正确
5		查询某个时间段 的购买记录	临时数据库记录数据 正常	
6		查询某类表的购 买记录	临时数据库记录数据 正常	

第四节 综合测试

在系统的综合测试中，我们执行综合测试用例中的三项内容，实际测试结果见表：

表 5.4 综合测试用例测试结果

序号	测试内容	测试数据	期望结果	实际结果
1	电脑突然重启后系统再运行能力	系统运行过程中电脑重新启动	系统再启动能够正常运行	软件能够正常运行
2	系统正在执行写卡操作，此时电脑断电或者重启	查看购买记录是否添加	没有出现写卡完毕，记录应该没有增加；否则应该增加	正确
3	系统已经执行完写卡操作，此时电脑断电或者重启	还能否打印出收据（发票）	能	可以，但是需要重新选择一下，不要写卡！

第五节 本章小结

本章进行了系统的测试工作，测试按照设计阶段设计的系统测试案例进行，系统功能基本满足了用户需求。

第 6 章 总结与展望

第一节 主要工作

根据软件工程的原理和规范,本文论述了智能仪表一卡通信息管理系统的需求分析、系统设计、系统编码及其实现、系统测试等过程,实现了一卡可以进行多种仪表购买的功能,从节约成本和方便客户的角度,系统的研制都具有好的实用意义,系统不仅可以用于普通的小区物业管理系统,稍加改动也可以用于自来水公司等大型公用商品售卖单位。系统实践过程中的关键技术点和开发注意事项可以总结如下。

(1) 利用结构化需求分析技术对项目进行了系统的需求分析,论文给出了需求分析所做的主要工作,即实现了对一卡通智能仪表管理系统的业务分析和功能分析,并对系统的安全进行了安全需求分析,这些分析多是通过和物业管理、自来水公司等人员的交流所得,实用价值较高。

(2) 安全与功能完备的系统设计是该系统的一个主要特点。论文中对这些特点给出了详细的论述。系统的安全反映在实现了有限时间的软件版权保护,可以为企业收缴货款提供一定的支持,同时,系统的数据安全也通过安全算法提供了良好的保障,对于这样一个与财务有关的中小型软件系统,安全技术能够进行基本的数据安全。

(3) 良好完备的测试案例设计保证了系统的可靠和功能的完善与可用。系统设计阶段进行的测试案例设计保证了系统实现阶段的单元测试内容,同时,设计阶段提供的综合测试案例为系统的功能的实际验证提供了保证。

第二节 展望

论文完成的系统是智能仪表管理信息系统的扩展,能够实现一卡多表的使用,也可以将多个生产厂家提供的仪表集中在一个系统下使用。目前,由于各个厂家各自为战,自己生产的智能仪表各自配有自己的管理系统,因此,在一个小区内如果安装不同厂家的仪表,则在管理方必须配备不同的管理系统,这无疑是一种极大的浪费。因此,如果智能仪表有一个公开的接口标准,那么本系统的应用将更加广泛。

本系统在使用过程中,由于操作人员的水平等因素,人们也提出了各种各样的建议或者意见,比如,报表的格式是否可以定制,打印功能是否直接输出更好、

是否具有网络互连的版本等。实际上，本系统扩展到网络版非常容易，也在进行这方面的工作，但是相比来说，单用户版应用更加广泛。

将来，软件将在现有版本的基础上，升级到更加安全的数据库，这样软件开发的工作量将会减少，同时，系统将进一步开发网络查询功能，使实名用户能够在网上查询自己消费记录；而且提供和其它卡表的接口，即使不是同一类型的卡，该软件业能够应用，这样，系统将更加开放、灵活，应用面更加广泛。

参考文献

- [1] 崔丹丹, 小区供水欠交水费案中的责任主体. 人民法院报, 2013, 3-28
- [2] 孟戈, 沈珍, 灌溉水费征收现状及对策研究,经济研究导刊,2012,24: 213-214 【
- [3] 梁宾, 加强新形势下水费征收方略的初步探讨, 陕西水利,2010
- [4] 王晓东, 解决供热企业收费难问题的几点做法,城市管理与科技,2002, 4(3):7-8
- [5] 阳淑媛, 物业管理企业收费难问题的根本解决策略研究,技术与创新管理,2012, 33(6): 627-631.
- [6] 刘世荣, 关于实施 IC 卡收缴水费的可行性分析, 2003,3: 24-26
- [7] 高鸣, 城市供热计量热价与收费管理模式研究, 沈阳建筑大学[硕士学位论文].沈阳: 沈阳建筑大学, 2011
- [8] 王红生, 王广和, 韩璐, 建筑供热计量热价的研究, 山西建筑, 2008, 34(4): 26-27
- [9] 张海霞, 智能 IC 卡预付费水表水费管理系统的推广应用研究, 西安建筑科技大学[硕士学位论文].西安: 西安建筑科技大学, 2007
- [10] 韩超; 数字化供热信息系统在供热企业中的应用, 信息与电脑, 2012, 8: 109-111
- [11] 赵四海, IC 卡智能水表的研制, 宁夏大学学报(自然科学版), 2002, 3.
- [12] 李向明;井俊凯;孙军;刘明兰;;基于 MSP430F413 的 IC 卡式智能水表的研制[J];微计算机信息;2007 年 17 期.
- [13] 王韧;IC 卡智能水表的设计与实现[J];仪表技术;2003 年 04 期
- [14] 李向明;井俊凯;孙军;刘明兰;;基于 MSP430F413 的 IC 卡式智能水表的研制[J];微计算机信息;2007 年 17 期
- [15] 郝旺春 张诚 郑羽 王金海, 智能 IC 卡收费系统, 仪器仪表用户, 2007,2
- [16] 邹莉萍, 智能 IC 卡供热计费监控系统研究, 武汉大学[硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2005
- [17] 韩顺杰, 李慧等, SLE4442 卡在智能水表及其收费管理系统中的应用, 《吉林工学院学报: 自然科学版》, 2002, 4: 21-23。
- [18] 张凤涛, 自来水企业 IC 卡水表业务运营管理的设计与实现, 山东大学[硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2012
- [19] 张之津等, 《智能卡安全与设计》, 清华大学出版社, 2010.11
- [20] 王爱英, 《智能卡技术-IC 卡》(第二版), 清华大学出版社, 2000.10
- [21] 荀珂, 数据库系统安全性浅析,电脑知识与技术, 2011,18.
- [22] 李哲,方勇,陈淑敏,刘杰;数据库加密技术中散列函数的应用[J];计算机工程;2003 年 17 期
- [23] 王庆梅,吴克力,刘凤玉,胡光宇;一种子密钥数据库加密算法及其密钥管理方案研究[J];计算机工程与应用;2003 年 11 期
- [24] 陈越 等, 《数据库安全》,国防工业出版社, 2011.7
- [25] 柯文华, 文件加密算法研究与 VB 实现,电脑知识与技术, 2011,35.
- [26] 吴震东;张亦涵;;一种文件智能加密方法研究[J];信息安全;2009 年 07 期
- [27] 黄英铭, DES 数据加密算法及 VB 程序实现, 福建电脑, 2006,7
- [28] 殷彬;陶安;方思行;;RSA 算法的一种高效软件实现方法[J];微计算机信息;2006 年 18 期
- [29] 刘志妩, 基于 VB 和 SQL 的数据库编程技术, 清华大学出版社, 2008.4

[30] [Http://www.codeproject.com](http://www.codeproject.com)

致 谢

本论文的完成是在高铁杠教授的精心指导下完成的，高铁杠教授渊博的学识和独到的见解，总是能给我学术上的支持，为我传道解惑，而他在治学上的严谨态度和勤勉之风深深地影响了我。借此机会，我再次向我的导师表达深深的感谢之情！

感谢在研究过程中给我以帮助的老师 and 同学们，以及一直关系我的家人和朋友们！

感谢评审组的专家们百忙之中给以指导，您们辛苦了！