

## 第四章 钻井液优化设计系统的软件设计

运用软件工程的思想、观点和方法，在进行钻井液优化设计系统开发实现前，首先进行了需求分析，结构和功能模块设计，系统运行环境等相关工作，以便使钻井液优化设计系统真正成为一套实用性强、结构合理、运行可靠的软件。

### 4.1 系统的设计原则

#### 一、可靠性

钻井液优化设计系统主要通过人工智能和数据库系统等技术等为广大钻探工作者提供一个工具性的软件，以提高工作效率，推进钻井液工艺技术的发展，所以系统必须保证能够长期安全可靠地运行。

#### 二、实用性

钻井液技术是一门实践性很强的学科，要想能对钻井液的现场设计有所帮助就系统必须以生产一线的经验方法为指导，进行软件设计。

#### 三、高效性

钻井液设计是一门复杂的技术，它的设计牵涉到方方面面的情况。为了使用户不感到系统延迟，提高效率，所以系统必须设计高效的程序算法，尽可能的优化程序代码，提高程序效率。

#### 四、可维护性

系统的专家规则 and 知识及两大后台数据库，应可以很方便的进行扩充维护，允许管理员向系统中增加新的内容。另外，系统的软硬件应具有扩充升级的余地，不可因软硬件扩充、升级或改造而使原有系统失去作用。

#### 五、易操作性

计算机技术的特点及发展方向决定了它必须方便人们的使用，省时间和费用，提高效率，才有其存在的价值和市场。应用于钻井液技术领域也必须坚持这个原则。由于钻井液技术人员的知识和经验也不相同，这些客观上要求系统操作要方便灵活和快捷。

## 4.2 系统的设计目标和方案

### 4.2.1 系统的设计目标

钻井液优化设计系统应具有以下功能：

#### 一、辅助设计的功能

利用基于规则推理和基于范例推理技术，使得用户能够根据需要进行选择，完成钻井液的设计。在用户输入设计条件后，系统进行推理判断给出一条最为合理的钻井液配方。

#### 二、信息查询功能

根据不通油田，不通区块和实用地层等查询条件，查询到关于某个区域常用钻井液配方及其使用的具体情况；还能够根据具体的对适应地层、密度和温度等条件给出符合条件的钻井液配方。

#### 三、学习功能

基于范例推理技术的一个重要的特点是计算机能够自主学习，在对范例进行修改之后，计算机能够保存范例以备后来再调用。

#### 四、培训功能

对那些对钻井液工艺技术不够了解的人，应该给他们提供一个平台，以便了解钻井液的基本知识，即时进行学习。

#### 五、辅助计算功能

钻井液配制过程中经常会遇到配浆原材料用量的计算，使用过程中也需要对钻井液密度进行调，系统也应该考虑到这方面的问题。

#### 六、知识维护功能

管理员可以对专家规则知识进行修改，对数据库进行添加、删除和修改，这样才能不断地扩充系统功能。

#### 七、输出功能

进行钻井液设计工作的用户可以打印钻井液设计书；只是进行查询的用户可以打印出查询到的钻井液配方。

#### 八、帮助功能

提供使用系统的帮助和说明。

#### 4.2.2 系统的总体方案

软件的总体设计对于软件的开发过程及结果有着重要的指导意义。借鉴软件工程的思想、观念和方法，系统总体方案设计分三阶段——计划阶段、设计阶段、开发阶段<sup>[26]</sup>。系统总体设计方案如图 4—1 所示。

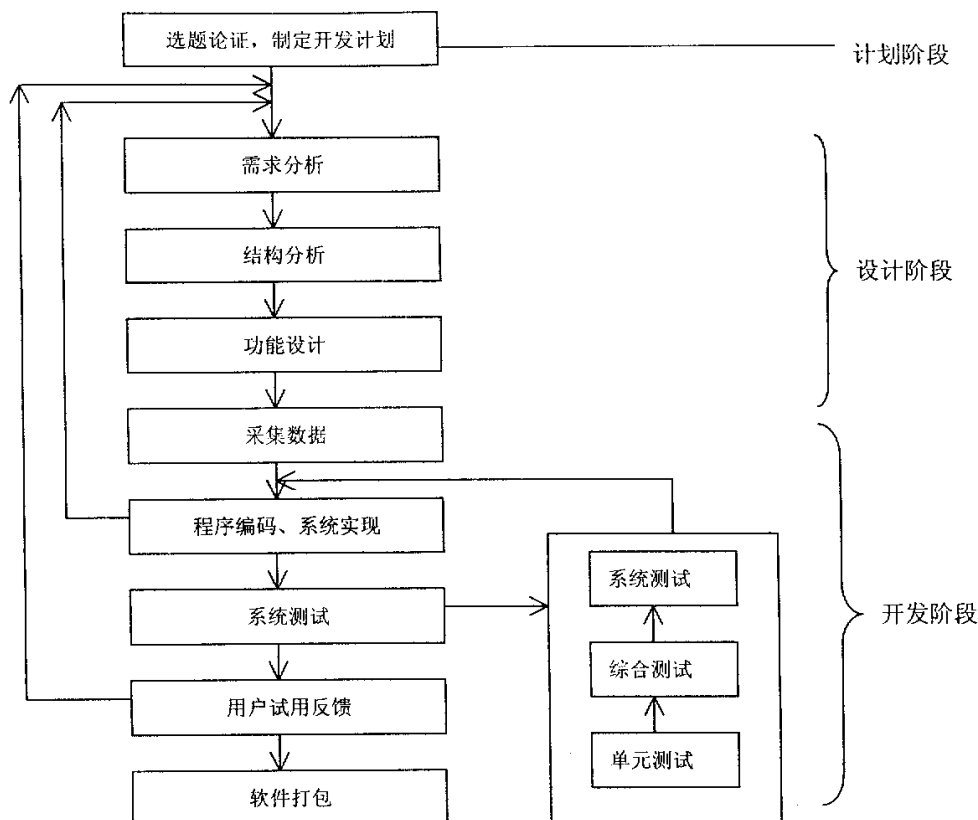


图 4—1 系统总体设计方案示意图

计划阶段，主要进行调研考察，制定开发该软件的计划。设计阶段，主要包括需求分析、结构设计、功能设计。需求分析主要来考察分析用户对软件系统的全部需求；结构设计和功能设计主要来设计系统的具体结构模块和功能模块。开发阶段主要包括采集数据、程序编码和系统实现、系统测试、用户试用反馈、软件打包等环节。采集数据是指按照结构设计中所设计的系统结构，进行专家知识和规则的收集整理、数据库的录入及与钻井液技术工艺相关的知识整理。程序编码和系统实现指对系统的实现进行具体的编码，即编程，使设计阶段对系统的结构和功能设计顺利实现；系统测试包括单元测试、综合测试和系统测试三个步骤，在此环节主要对程序编码和系统实现中的编码结果进行运行测试。如有问题则马上返回，进行编码

修改，这是保证软件质量的重要手段；用户试用反馈，是指将遍好的程序初步打包，让用户提出意见，继续改进；软件打包是指将改进后的程序彻底包装，制作成成品软件。

软件的设计和开发是一个复杂的过程，在具体操作过程中，需要多次改进设计，使系统不断得到优化。

## 4.3 系统的模块设计

### 4.3.1 系统的结构模块设计

钻井液优化设计系统包括优化设计、数据管理、辅助功能及系统帮助等四个结构模块，其结构框图如下：

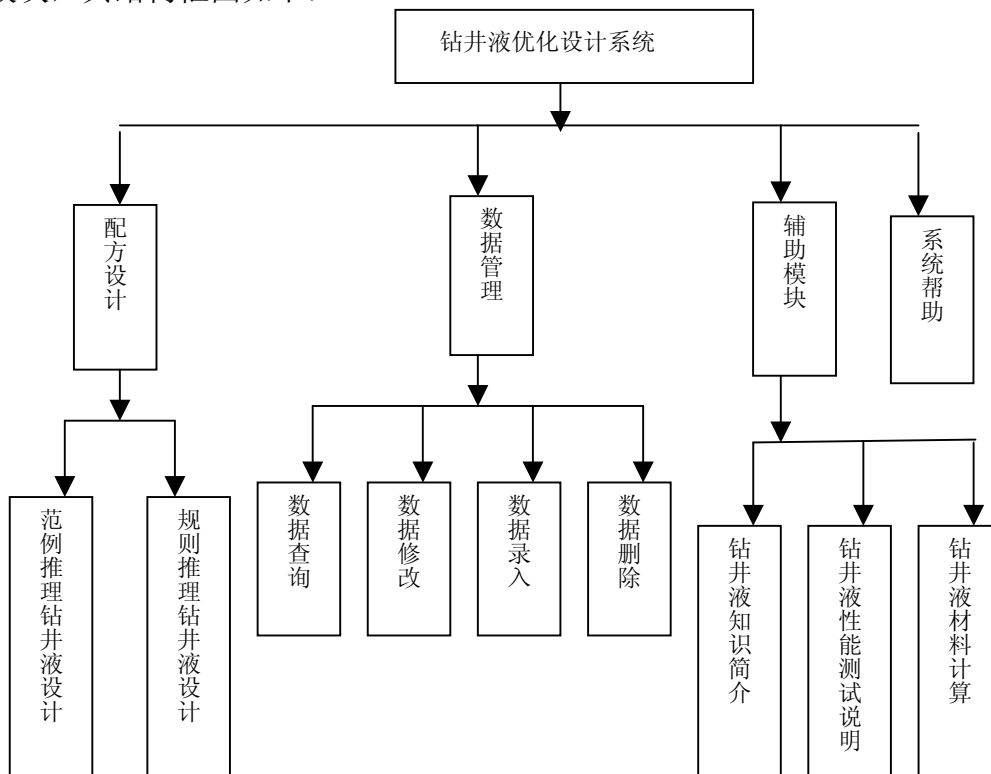


图 4—2 钻井液优化设计系统的结构模块图

**配方设计：**是指钻井液设计类型的选择，根据钻井液配方设计的特点，采用基于范例推理和基于专家规则的推理技术，用户通过范例特征匹配及对推荐钻井液的体系配方进行查询，得出具体配方。

**数据管理：**主要是管理钻井液配方库和钻井液范例库中的数据信息，对其进行查询、添加、删除和修改等操作。

**辅助模块：**主要为用户提供与钻井液及其设计相关的服务。在钻井液知识简介

中，用户可以看到系统的钻井液基础知识；钻井液性能实验详细介绍了钻井液性能及其测试方法和注意事项；钻井液材料计算为钻井液设计提供钻井液加重稀释与配浆原料计算；设计书输出在 Microsoft Word 为用户提供标准统一的钻井液设计书，供其编辑输出。

系统帮助：指导用户使用钻井液优化设计系统。

#### 4.3.2 钻井液优化设计系统软件流程图

##### 一、钻井液配方设计模块流程图

前面介绍了基于范例推理钻井液优化设计系统的实现原理方法及结构。下面介绍基于范例推理和基于规则推理的钻井液配方设计模块流程图。

##### 1. 基于范例推理的钻井液配方设计系统

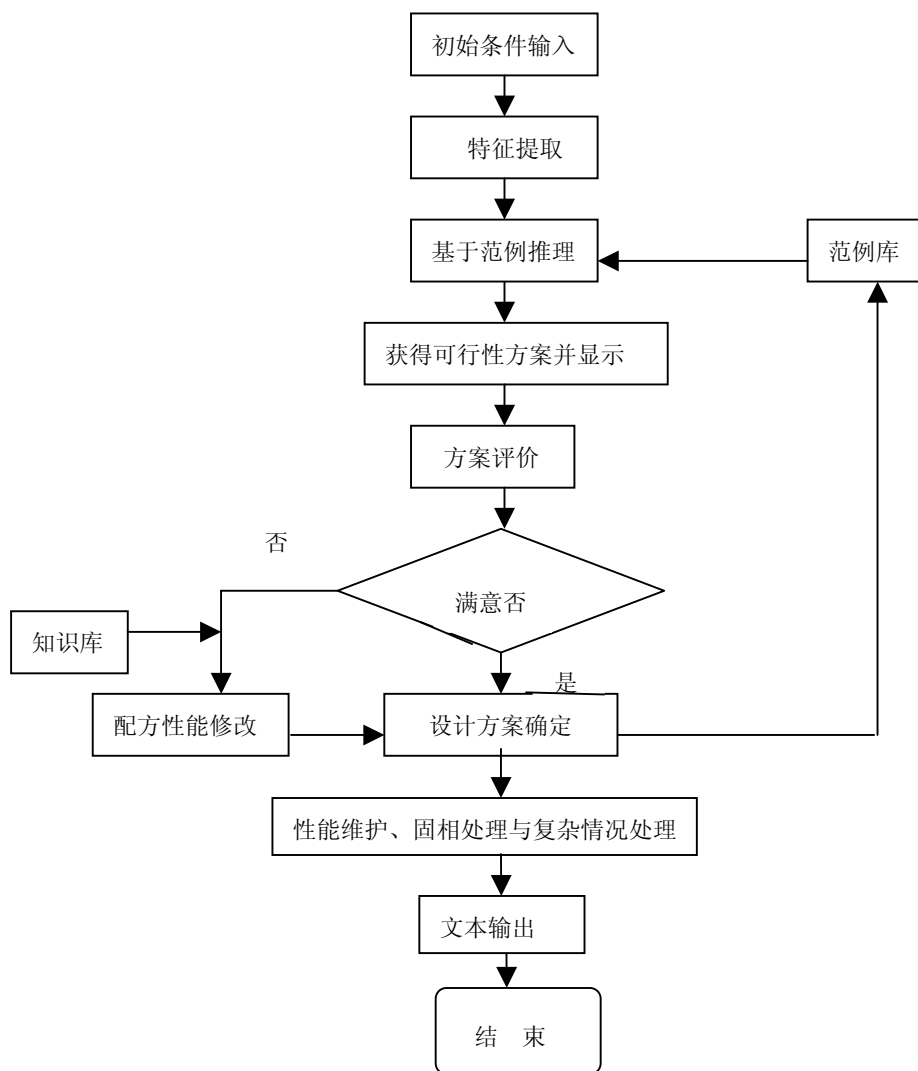


图 4-3 基于范例推理的钻井液优化系统设计

上图中的部分流程说明如下：

（1）初始条件输入：是钻井液配方设计的初始条件，即设计配方的基本信息，包括井位、井型及钻井液配方应解决好的复杂事故、潜在伤害和应适应的地层等。

（2）范例特征提取：将用户输入信息与范例特征进行比较，进行权重的衡量和匹配。

（3）配方性能修改：设计所选择钻井液的性能指标，包括密度、固相含量、流变性、滤失量、酸碱度、静切力、含砂量、泥饼摩阻系数、膨润土含量等参数。

在钻井过程要保证这些参数的相对稳定。其流程图用图 4-3 表示：

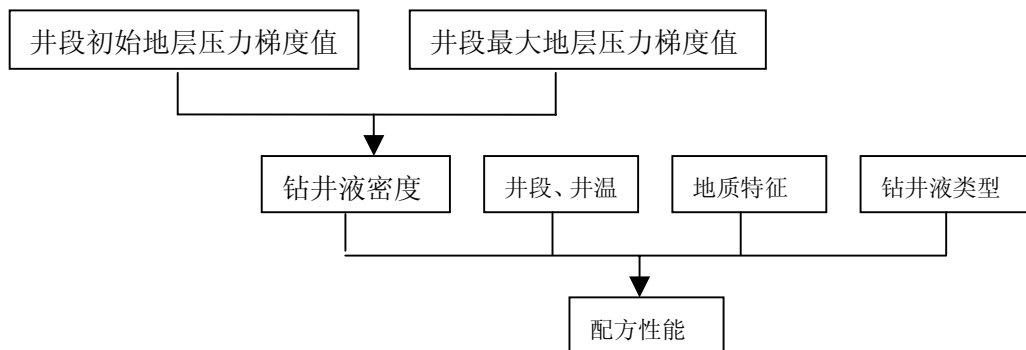


图 4-4 配方性能修改程序流程图

（4）性能维护、固相处理与复杂情况处理模块：根据地层特性、钻井液类型和井段等，提出性能维护、固控方法及复杂情况的处理方法。其流程图 4-4 如下所示：

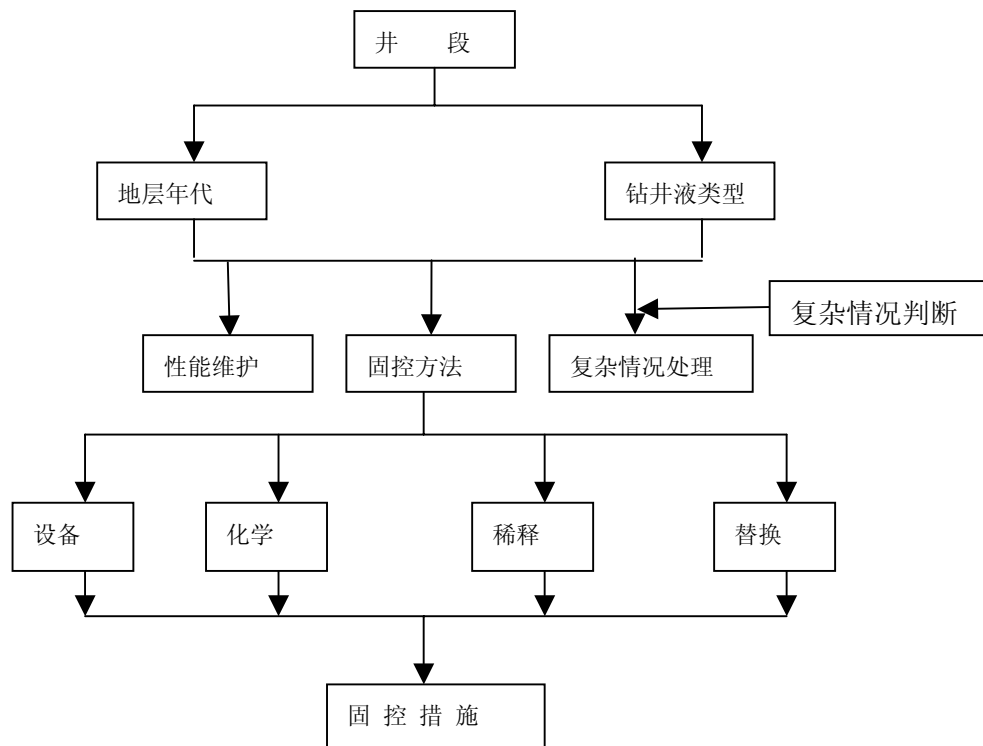


图 4-5 钻井液维护及复杂情况处理子程序流程图

(5) 文本设计结果输出：按钻井液设计表的格式、要求把设计文本打印出来。

## 2. 基于规则推理的钻井液配方设计系统

如果范例库中还没有收录与设计井相匹配的范例，就可以借助基于规则推理的钻井液配方设计系统得出设计结果。该系统的流程图如下：

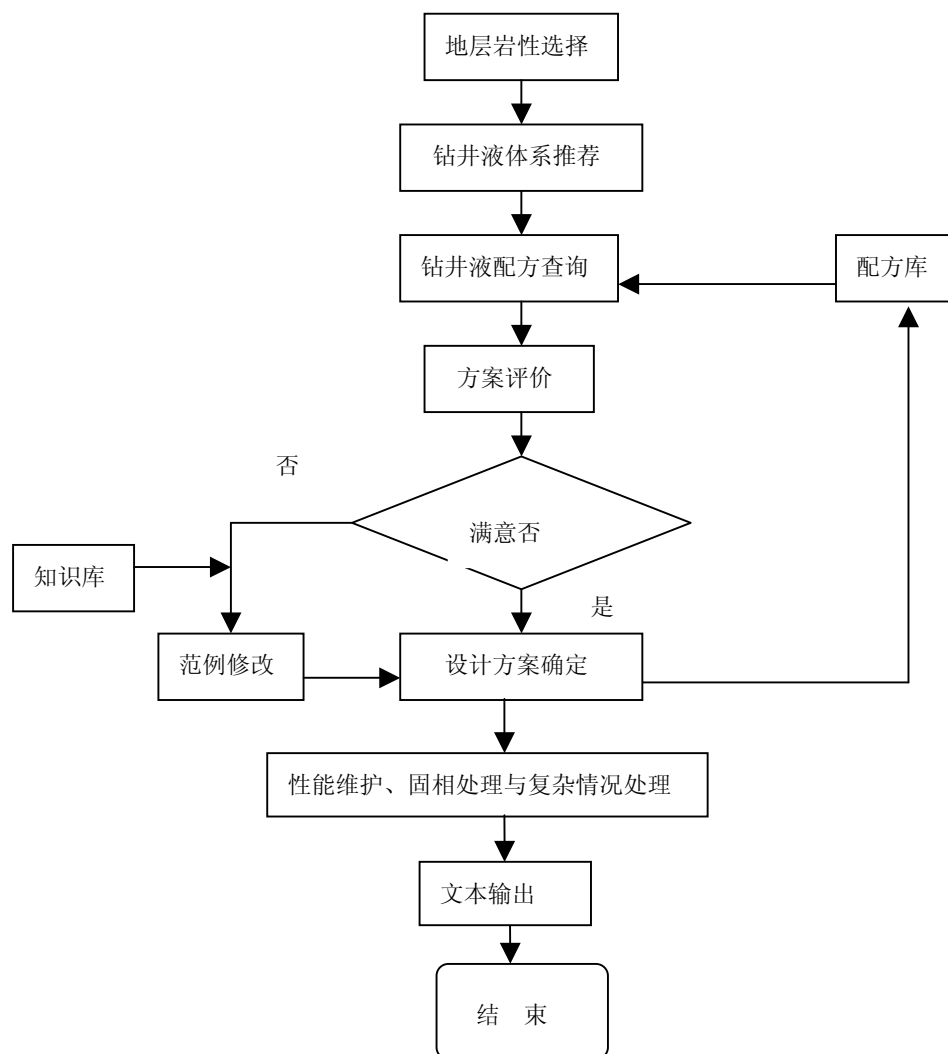


图 4-6 基于规则推理的液优化系统设计

以上流程图中部分图例的介绍如下：

(1) 确定岩性与地层：将岩性进行分类，以选择框的形式给出，用户根据所钻岩性及厚度输入配方推荐的前提条件。

(2) 故障提示：用专家规则进行推理，确定可能发生的孔内事故。

(3) 推荐钻井液类型和选择配方：用钻井液知识库进行推理，确定井下复杂情况及所用钻井液类型，进而通过配方库查询进一步确定钻井液配方其性能。

其它流程的意义和基于范例推理的钻井液配方设计是一样的。

### 3. 数据管理模块

这部分主要是完成系统的数据信息维护功能，对数据库系统进行扩充、修改等管理工作。其功能设计如下：

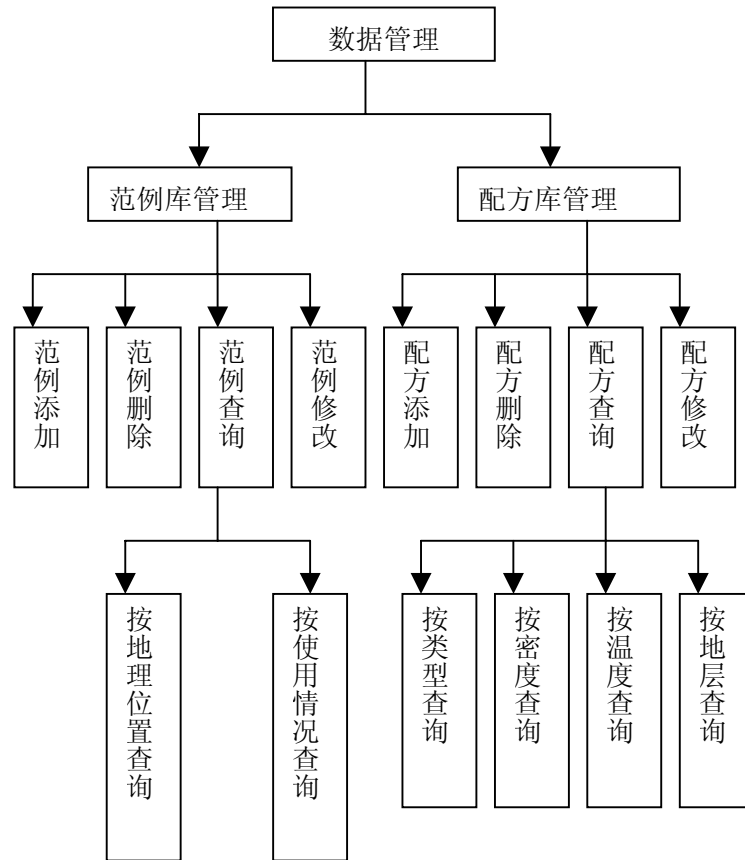


图 4-7 数据管理功能模块图

### 4. 助系统设计

辅助系统主要为钻井液工作者提供一些其他的服 务，其功能模块如下：

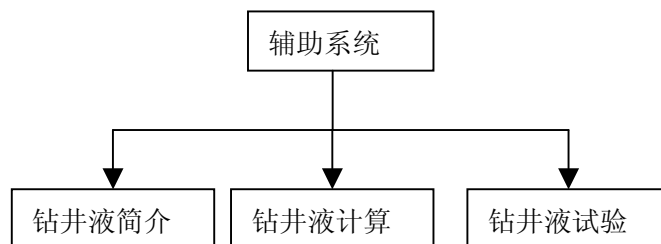


图 4-8 辅助系统功能模块图

下面对辅助系统的子系统做以下说明：

(1) 钻井液简介：这部分以电子文档的形式全面介绍了钻井液工艺的知识，包括钻井液的功用、粘土矿物和粘土胶体化学基础、钻井液性能介绍、钻井液配浆原材料与处理剂、钻井液类型及对付井下复杂情况的钻井液技术等等。这部分

知识为钻井液工作者提供了一个便捷的学习平台，也为其他人员了解钻井液工艺提供了一个窗口。

（2）钻井液计算：主要是对钻井液在配浆和使用过程中所涉及的一些基本计算提供帮助。这部分程序能计算配浆时所需的粘土和水的量及钻井液在使用过程中对密度进行调整时所需的计算。

（3）钻井液试验：主要是在钻井液配方设计时，对钻井液性能所作的各项试验进行介绍。内容包括试验仪器、试验步骤及试验注意事项等等。

## 第五章 钻井液优化设计系统的实现

### 5.1 软件系统的开发平台

通过前期的研究准备，数据采集以及模块设计，通过计算机编程，实现项目研究目的，建立专家系统数据库。根据目前应用状况，系统的开发环境如下：

#### 一、 硬件开发环境

Intel 奔腾 II 266MHz 以上 PC 及兼容机

HP Laser1000 激光打印机

彩色显示器

移动存储介质

彩色扫描仪

#### 二、 软件开发环境

Microsoft Windows 98 / 2000 / XP 中文版

Microsoft Office 2000/XP/2003 中文版

Borland Delphi 7.0

Microsoft Access 2000/XP/2003 中文版

Microsoft Help Workshop

Adobe Photoshop 7.0 中文版

### 5.2 钻井液优化设计系统的实现

钻井液优化设计系统分为基于范例钻井液配方设计、基于规则钻井液配方设计、数据库管理和辅助系统等部分，各模块的实现如下。