

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。

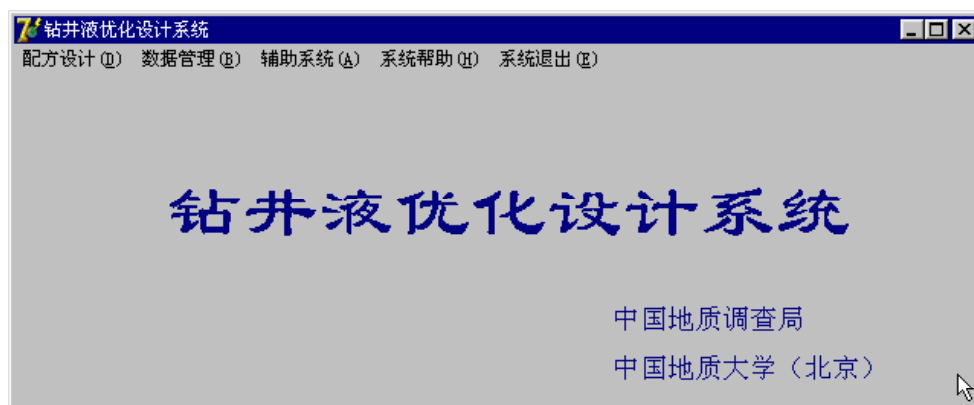


图 5-1 钻井液优化设计系统总模块

5.2.1 基于范例的推理钻井液优化设计模块

石油钻井方面有大量可收集的设计资料，为了对这些资料进行充分的管理和利用，针对钻井液工艺的特点，我们采用了基于范例的推理技术来完成这部分设计。钻井液设计既需要借鉴邻井的设计成果，又要结合实钻地层的具体特点来进行，所以用户数据输入从钻井基本信息和实钻地层两方面来进行，输入窗体如下：

图 5-2 基于范例推理钻井液配方设计信息输入窗体

其中，“设计井的基本信息”主要是该油田的地理位置概括，包括已收录的该油田的区块，井别包括：探井、资料井、开发井、调整井和以上都不是等参数。

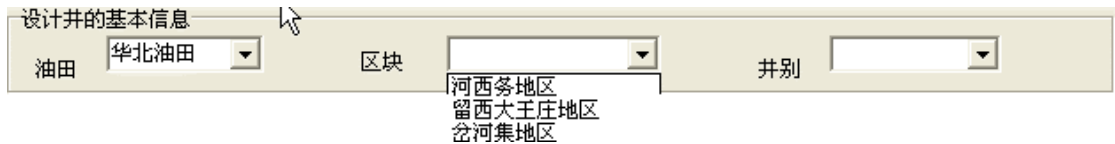


图 5-3 设计井基本信息输入窗体

输入完毕后，系统即根据输入的特征进行匹配，选择出与之相似范例并按相似度从大到小的顺序排列出来。

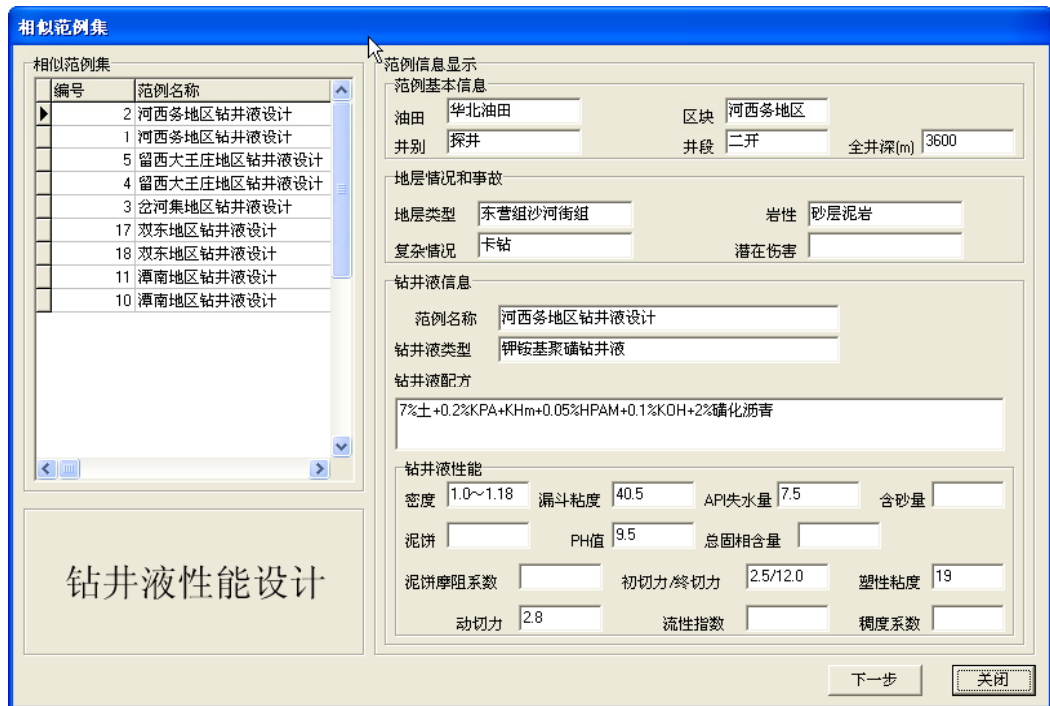


图 5-4 范例搜索相似范例集

范例的信息是从各油田的现场设计资料、各种书籍和期刊杂志上收集的，对配方的记录难免出现残缺不完整现象，如果用户对范例集中钻井液的信息不甚满意还可以进行修改。点击钻井液性能设计部分，随即弹出以下窗体：

钻井液性能设计

设计井基本信息输入

井 段

一开

地层界

新生界

井 温

120

所用的钻井液类型

聚合物泥浆

密度设计

井段开始地层压力梯度值

推荐密度范围

请确认密度值

1.25

钻井液性能诊断

井段最大地层压力梯度值

流变性能设计：

塑性粘度 (mPa·s)

10

至

20

初切力/终切力 (Pa)

0~2

至

1~5

动切力 (Pa)

4

至

8

稠度系数 (K)

至

漏斗粘度 (s)

50

至

80

流性指数 (n)

至

其他性能设计

滤失量 (API)

10

泥饼厚度 (ml)

无要求

PH 值

8.5~9.5

固相含量

15.00%~11.1

含砂量 (n)

<2.0%

泥饼磨阻系数 (Kf)

NC

应 用

图 5-5 钻井液性能设计窗体

在这个窗体中，用户需要输入设计井的基本信息，包括地层年代的选择、实钻地层温度的输入、钻井液体系选择和钻井液密度的确认。点击“应用”按钮后，系统自动将设计结果写入“相似范例集”窗体。

紧接着系统还会对钻井液维护处理、固相处理和井下复杂情况处理作出诊断。具体窗体如下：

7 钻井液维护与井下复杂情况处理

井 段

二开

选用钻井液类型

钙处理泥浆

确 定

取 消

关 闭

图 5-6 钻井液维护与井下复杂情况输入窗体

单击“确定”按钮后，弹出以下窗体：

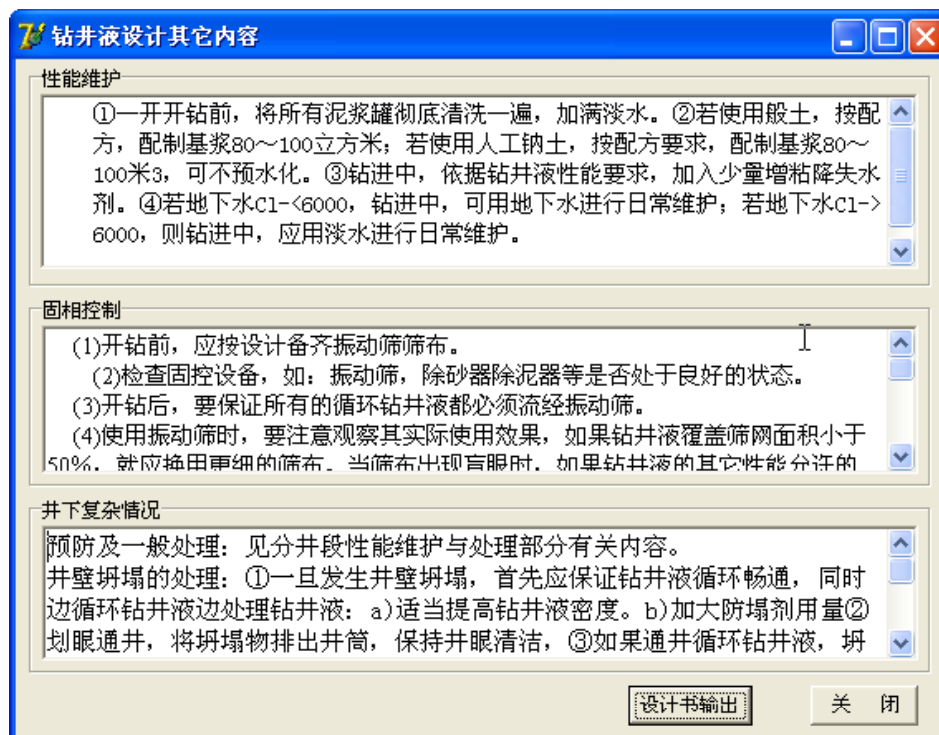


图 5-7 钻井液维护处理和井下复杂情况结果显示窗体

至此，基于范例推理的钻井液配方设计过程已经完成，用户点击“设计书输出”，系统通过 Word VBA 程序自动将设计结果填写进“钻井液设计表中”，此时，调用 Microsoft Word 输出设计结果，用户也可对设计表进行修改。

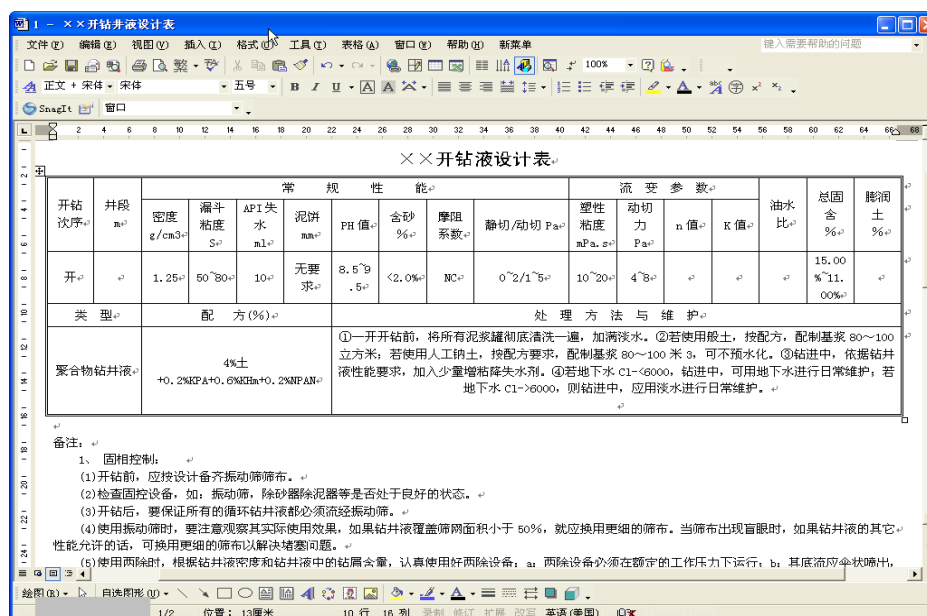


图 5-8 钻井液设计书输出结果

5.2.2 基于规则推理的钻井液设计模块

由于钻井液范例库中信息录入的有限性，在设计中会出现找不到相近区块的情

况，特别是在地质钻进中，钻探工作量的减少和钻井液使用的相对简单，使得留下的设计资料很少也很难收集。鉴于此类情况，“基于规则推理的钻井液设计系统”弥补了范例库收集有限这一不足。下面将简要介绍一下，它的使用过程。

岩性及故障判断

注：选择岩性的同时必须输入厚度（取整数）

砂层

☐ 砂层 ☐ 流砂层 ☒ 卵石层

累计厚度(m) 23

盐岩层

☐ 盐岩层 ☐ 膏盐层 ☒ 膏盐层

累计厚度(m) 54

泥页岩

☐ 泥岩 ☐ 页岩 ☒ 粉砂质泥岩 ☐ 砂质泥岩

☐ 膏(质)泥岩 ☐ 炭质泥岩

累计厚度(m) 12

砂岩

☐ 粗砂岩 ☐ 细砂岩 ☐ 中砂岩 ☐ 粉砂岩

☐ 砾岩 ☐ 长石石英细砂岩 ☐ 泥质砂岩 ☐ 含砾砂岩

☐ 泥质粉砂岩 ☐ 砂砾岩

累计厚度(m)

碳酸岩

☐ 碳酸岩 ☐ 灰岩 ☐ 白云岩

累计厚度(m)

其他

☐ 炭 ☐ 凝灰岩 ☐ 玄武岩 ☐ 花岗岩

复杂情况

☐ 盐水层 ☐ CO2 ☐ H2S

故障提示

防缩径卡钻、防盐膏侵

下一步

退出

图 5—9 基于规则钻井液优化设计输入窗体

点击“下一步”，输出配方设计窗体：

钻井液配方推荐与查询

推荐的钻井液体系 盐水钻井液或油基钻井液

钻井液配方查询

钻井液类型

密度(kg/m³) 温度(°C)

钻井液性能设计

查询结果显示

所需钻井液名称

钻井液配方

钻井液性能

漏斗粘度	25~35	API失水量	≤12	含砂量	≤5%	泥饼厚度	≤1.0
PH值	9.5	总固相含量	≤1%	摩阻系数	0.23	初/终切力	
塑性粘度		动切力	22.5	流性指数	0.6	稠度系数	0.5

钻井液维护

共有满足该类型配方 4 条

编号	名称	适用地层
1	Na-CMC(羧甲基纤维素)	砂层, 砾石, 卵石以及破碎带地层
9	CMC膨润土钻井液	细砂岩、粉砂岩

图 5-10 基于规则推理的钻井液配方推荐与查询窗体

在这一步中，用户根据系统提示的钻井液体系选择具体钻井液配方。与基于范例的钻井液设计相同，用户也可以在这里对钻井液性能进行修改。接下来是钻井液处理维护及井下复杂情况诊断的设计，这个与基于范例推理相同就不再进一步说明了。

5.2.3 数据管理模块

我们知道，基于范例推理技术的钻井液配方设计系统功能是否强大关键取决于范例库的数据信息是否完备；钻井液配方库数据信息的内容也直接影响了基于范例推理的钻井液设计。所以，强大的后台数据库支持是本系统的关键。数据库管理模块的设计，正是基于此，它主要是对钻井液配方库和钻井液范例库中的数据信息进行管理，以增加系统容量，扩大系统功能。

一、钻井液配方库的数据信息管理

7 钻井液配方查询

钻井液配方查询

钻井液类型

钙处理钻井液

密度(kg/m3)

1.25

适用地层

泥质砂岩

温度(℃)

查询

重置

查询结果显示

所需钻井液名称

KHm—cao基钻井液

钻井液配方

4%~5%膨润土+2.0%~2.5%KHM+0.5%~0.8%CaO+0.1%~0.2%CMC+0.1%~0.3%NaOH+1.0%~1.5%QS-2

钻井液性能

漏斗粘度

38~45

API失水量

9.0~4.0

含砂量

泥饼厚度

0.5~1.0

PH值

11

总固相含量

摩阻系数

初/终切力

塑性粘度

15~25

动切力

8~11

流性指数

稠度系数

钻井液维护

根据实际需要随时提高钻井液密度，目的是将CO₂气层压住，尽可能减少进入井筒的CO₂数量，降低地面处理的工作量；用好堵漏材料，最大限度地控制井漏的发生，保持钻井液中始终有过量的石灰，始终保持PH值大于11

共有满足条件配方:1条

编号	名称	适用地层
300	KHm—cao基钻井液	

上一条

下一条

修改

添加

删除

保存

打印

关闭本窗口

图 5-11 钻井液配方查询界面

从这个窗体我们可以对钻井液配方信息进行修改、添加和删除等操作，钻井液配方添加窗体的设计如下：

添加钻井液配方

钻井液类型

钻井液名称

钻井液配方

密度

温度

漏斗粘度

API失水量

含砂量

泥饼厚度

PH值

总固相含量

摩阻系数

初/终切力

塑性粘度

动切力

流性指数

稠度系数

适用地层

钻井液维护

确定

重置

关闭

图 5-12 钻井液配方添加窗体

二、钻井液范例库数据管理

对钻井液范例库的查询我们采用两种方式，即按范例基本信息查询范例信息和按钻井液使用情况查询范例信息。

查询条件

查询方式 按基本信息查询

按基本信息查询

油田 大庆油田

区块

- 英台地区
- 朝阳沟地区
- 升平地区
- 榆林地区
- 杏南地区
- 宾北地区
- 南1-3区
- 庄古地区

查询结果

图 5-13 按基本信息查询范例

查询条件

查询方式 按钻井液使用情况查

按钻井液使用情况查询

地层类型 东营组

岩 性 砂岩

钻井液类型 聚合物

查 询 重 置

图 5-14 按钻井液使用情况查询范例

点击“查询”按钮，在窗体右侧就会显示每个配方的详细信息，结果如下：

范例查询

查询条件

查询方式 按钻井液使用情况查

按钻井液使用情况查询

地层类型

岩 性 砂岩

钻井液类型 聚合物

查 询 重 置

查询结果集

编号	范例名称
11	潭南地区钻井液设计
52	青西地区钻井液设计
57	富民地区钻井液设计
59	码头庄地区钻井液设计
61	沙埝地区钻井液设计
65	塔中地区钻井液设计
66	塔中地区钻井液设计

范例信息

范例基本信息

油田 江汉油田 区块 潭南地区

井别 探井 井段 二开 全井深(m) 1500

地层情况和事故

地层类型 广华组潜江组 岩性 泥岩粉砂岩

复杂情况 井漏卡钻 潜在伤害

钻井液信息

范例名称 潭南地区钻井液设计

钻井液类型 不分散淡水聚合物钻井液

钻井液配方

膨润土 纯碱 石磨粉

钻井液性能

密度 <1.15 漏斗粘度 30~45 API失水量 <5 含砂量 <0.5

泥饼 PH值 总固相含量

摩阻系数 初切力/终切力 塑性粘度 15~30

动切力 2.5~6 流性指数 稠度系数

钻井液维护

①将各处理剂配成胶液,细水长流的加入。
②进入油层前,加入磺化沥青进行暂堵,完井下套管前加0.5%石磨粉。

修改 填加 删除 保存 关闭

图 5-15 钻井液范例查询窗体

5.2.4 辅助系统

钻井液优化设计系统还应该为广大钻井液工作人员提供一个很好的在线学习平台,在这一模块我们就钻井液相关知识向用户作简单的介绍。钻井液设计过程还会牵涉到一些关于材料用量的计算,“辅助系统”也为用户提供了方便。

一、钻井液基础知识介绍

这部分以电子文档的形式介绍了钻井液基本知识,包括钻井液功能、粘土矿物和粘土胶体化学基础、钻井液性能、钻井液配浆材料与处理剂、钻井液类型及对付井下复杂情况的钻井液技术等内容。

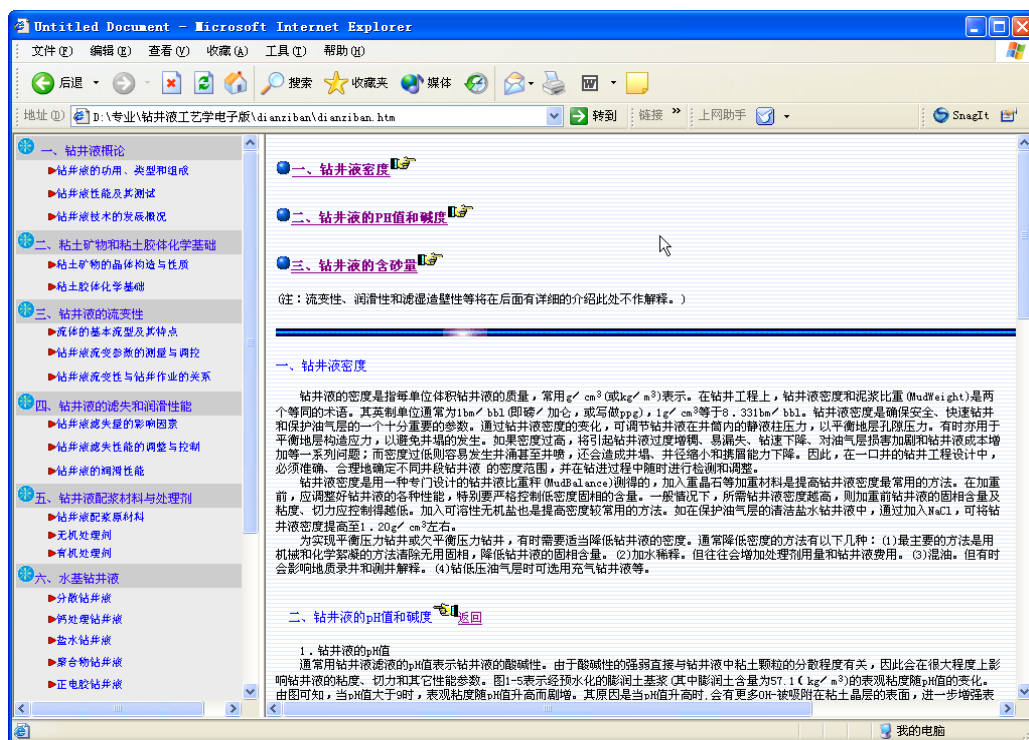


图 5-16 钻井液基础知识简介窗体

二、钻井液性能测试实验

钻井液方案提出之后对于它的适用性必须通过实验方式来评估,钻井液的性能测试其中的一个重要方面。钻井液性能测试实验会随着技术进步而不断更新,所以这部分知识要有可升级性。为了适应这一要求,我们用数据库来管理相关知识。

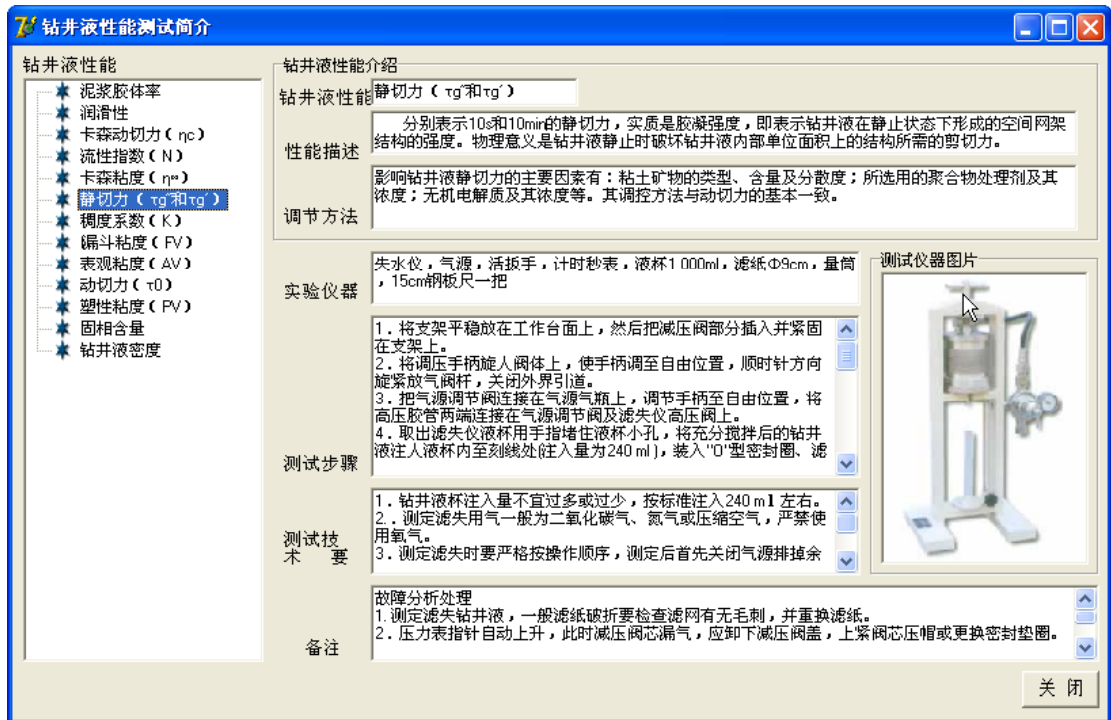


图 5-17 钻井液性能测试简介窗体

在这部分我们介绍了钻井液性能定义、调节方法、实验仪器、测试步骤、测试技术要点等内容。

四、钻井液材料计算

钻井液在配制时要对配浆材料用量（粘土和水）进行计算，使用时又会对密度进行调整，所以这一部分向用户提供快捷的计算方式。

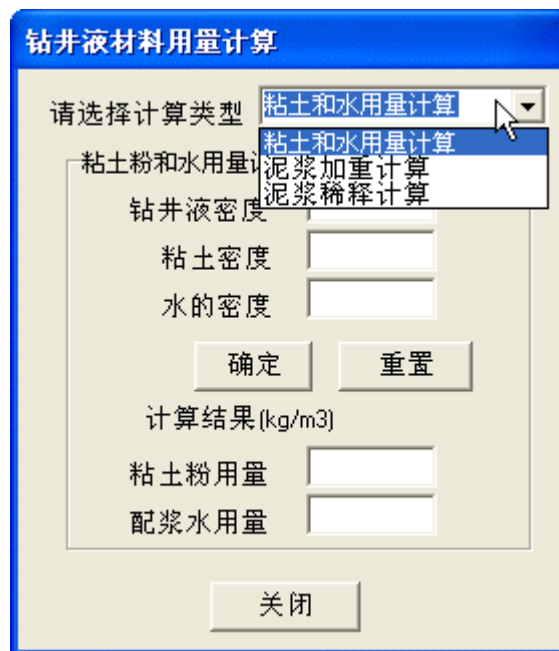


图 5-18 钻井液材料用量计算窗体

5.2.5 帮助系统

这部分主要为用户提供系统使用帮助。

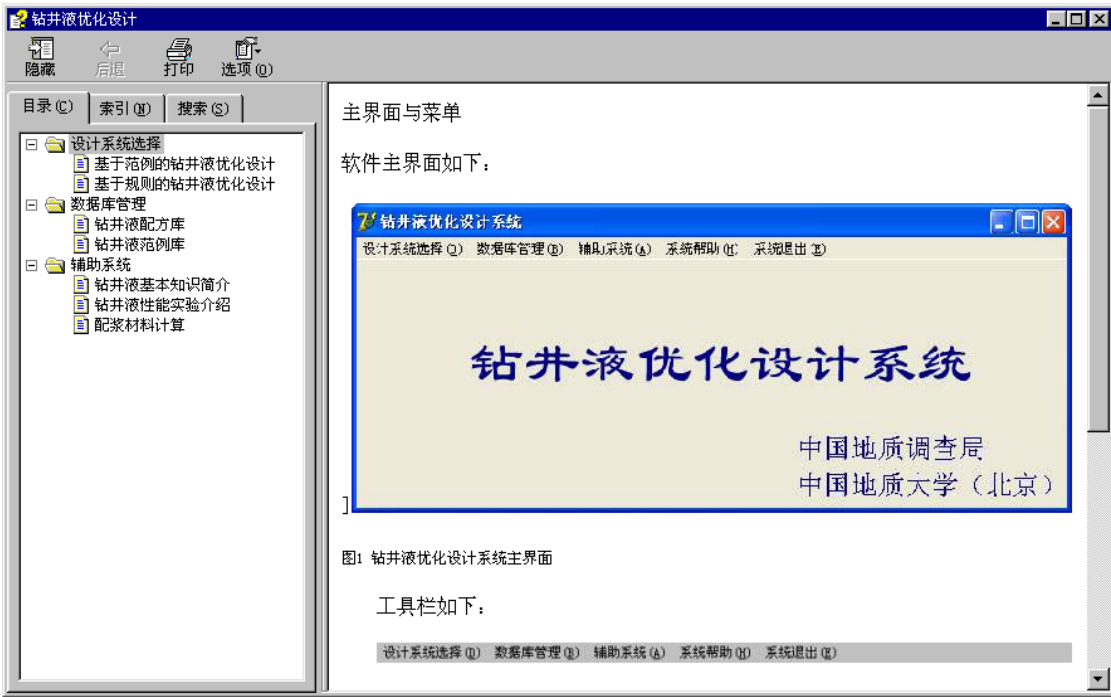


图 5—19 系统帮助文件界面

结论与建议

根据项目要求，研究人员先后赴德州钻探工艺研究所、大陆科钻基地和大庆油田等地进行调研，向钻井液专家学习，同时收集有关的钻井液技术资料；在此基础上，研究了人工智能在工程设计中的应用特性，结合钻井液设计技术的具体情况，开发了钻井液优化设计系统。具体研究工作的成果描述如下：

1. 通过现场调研、查阅资料及浏览书籍等形式广泛收集典型的钻井液设计方案，按一定原则收集管理数据，建立钻井液设计范例库。收集了 15 个油田的 80 多个区块，共 170 多条范例信息。

2. 由于国内外并无对钻井液体系的统一分类标准，我们从实际使用情况出发，把钻井液体系分为 8 大类，将钻井液配方及其性能与钻井液的使用相结合，建立钻井液配方数据库，该库共收集了 390 余条记录。

3. 根据钻井液设计的方法，为了有效利用收集的信息，利用基于范例推理技术，开发了钻井液配方设计系统。为了弥补范例收集的有限性，在系统总结了地层岩性和钻井液的匹配性之后，建立了基于规则推理的钻井液配方设计系统。

4. 钻井液优化设计系统的“数据管理”模块可以对钻井液配方库和钻井液范例库进行查询、输入、修改和删除等工作，便于系统功能的加强和更新。

5. 在钻井液优化设计系统中可以查看钻井液基础知识及钻井液性能测试试验等知识，为广大工作人员学习钻井液工艺基础知识提供了一个便捷的平台，还可以进行钻井液材料用量的计算工作。

6. 钻井液优化设计系统可以根据设计结果输出统一的“钻井液设计书”。

在钻井液配方设计的智能化实现方面，有关人士做了很多前期的研究和开发工作，这为本论文研究的课题打下了很好的基础。在钻井液配方设计系统中，本研究吸收了前人的研究成果，并进行了如下创新：

1. 在基于范例推理的钻井液配方设计模块中，范例特征的相似度匹配是系统的一个非常重要的环节。在进行相似度计算中，引入了模糊相似度的计算方法，该方法克服了传统相似度非“0”即“1”的特点，考虑到了特征部分匹配和特征之间的相互联系等实际情况。

2. 在钻井液配方设计系统中，根据工程实际，就钻进的地层岩性和钻井液的