

# 煤矿安全事故信息管理系统的设计

王基蓉, 贾真真, 何泓, 刘佳, 汤锦涛, 邓好, 石沅沅, 齐夏莹

湖南科技大学资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年3月9日; 录用日期: 2024年3月29日; 发布日期: 2024年4月28日

## 摘要

目前, 我国煤矿安全事故频繁发生, 这些事故信息是一种宝贵的资源, 而煤矿安全事故案例往往以文本的形式存储, 存在检索不便、利用效率低、更新维护困难等诸多问题, 从而严重影响煤矿安全事故信息资源的高效利用。通过对煤矿安全事故调查报告进行收集, 在事故致因“2-4”模型基础上, 构建煤矿事故致因模型, 设计出合理的数据结构, 并将其储存在MySQL数据库中。基于B/S模式, 采用Flask框架, 使用Python、HTML等语言技术, 提出了煤矿安全事故信息管理系统的设计, 实现对煤矿事故调查报告事故信息的查询、统计、打印等功能, 为煤矿相关人士提供全面、规范、精准的煤矿事故信息, 为煤矿安全事故的预防和救援提供决策依据。

## 关键词

煤矿安全事故信息管理系统, 煤矿安全, 事故致因“2-4”模型, 事故调查报告

# Design of the Coal Mine Safety Accident Information Management System

Jirong Wang, Zhenzhen Jia, Hong He, Jia Liu, Jintao Tang, Hao Deng, Yuanyuan Shi, Xiaying Qi

School of Resource, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: Mar. 9<sup>th</sup>, 2024; accepted: Mar. 29<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

At present, coal mine safety accidents occur frequently in China. These accidents information are a valuable resource, and coal mine safety accident cases are often stored in the form of text. There are many problems such as inconvenient retrieval, low utilization efficiency, and difficulty in updating and maintaining, which seriously affect the efficient use of coal mine safety accident infor-

mation resources. Through the collection of coal mine safety accident investigation reports, based on the accident cause “2-4” model, a coal mine accident cause model is constructed, a reasonable data structure is designed, and it is stored in the MySQL database. Based on B/S mode, using Flask framework, Python, HTML and other language technologies, this paper puts forward the design of coal mine safety accident information management system, realizes the functions of query, statistics and printing of accident information in coal mine accident investigation report, provides comprehensive, standardized and accurate coal mine accident information for coal mine related people, and provides decision-making basis for the prevention and rescue of coal mine safety accidents.

## Keywords

Coal Mine Safety Accident Information Management System, Coal Mine Safety, Accident Causation “2-4” Model, Accident Investigation Report

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前我国正处于一个经济飞速发展的重要时期,为了确保这个时期经济的稳定增长,对化石能源的需求量也日益增长,因此煤炭资源成为我国经济高速发展的重要保障,同时这也给煤矿资源的安全生产带来了重大的挑战[1]。已经发生的事故对于事故的预防以及事故发生后的救援来说是一种宝贵的资源,但是这些事故案例都零散储存在各个网站,没有得到较好的利用,因此信息化管理这些案例是非常必要的。目前,在煤矿事故信息化管理方面已有了一些研究成果,许多学者进行了相关研究。叶青等选择 SQL Server 2000 数据库管理系统作为后台数据库, Visual Basic 6.0 为前台开发工具设计开发出煤矿事故案例管理系统[2]。刘洋等分析了煤矿事故案例数据库系统的结构、功能及开发方式[3]。张宏丽等在人因分析与分类系统框架的基础上,构建了煤矿安全事故致因模型,设计了相应的数据模型,建立了关系型煤矿安全事故数据库并开发了相应的数据库系统[4]。杨梦等利用网络爬虫技术获取由各地监管部门发布在互联网上的大量实时事故案例,通过框架法构建数据结构以表示事故案例蕴含的知识,建立了一个通用、全面、共享的事故案例数据库[5]。这些煤矿事故数据库实现了对煤矿事故调查报告的信息化,但大多缺乏对煤矿事故深层次原因的分析,因此不能满足对煤矿事故信息深入挖掘的需要。冯彩肖截取 2016~2021 年国家矿山安全监察局、煤矿安全网公布的 320 份煤矿事故调查报告,分析了煤矿工人不安全行为影响因素[6]。但是没有对事故进行信息化管理,使用效率低。

本文根据煤矿事故调查报告,在事故致因“2-4”模型基础上建立了煤矿事故致因模型,得到煤矿事故致因因素的层次结构,在此基础上建立煤矿安全事故致因信息数据模型,将致因因素及其对应的表现形式存储在 MySQL 数据库中,使用计算机编程语言提出了煤矿安全事故信息管理系统的设计,从而实现了对煤矿事故原因的统计分析,以便找出煤矿事故的共性原因和规律,为煤矿灾害预防与决策提供基础数据。

## 2. 基于“2-4”模型的煤矿事故致因模型建立

### 2.1. 事故致因“2-4”模型在煤矿安全领域的应用

事故致因“2-4”模型是在事故致因链的基础上改进,运用组织行为学原理,参考安全文化、安全管

理体系的定义,从而提出的新的现代事故致因模型[7]。“2-4”模型认为所有事故都是发生在社会体系内,事故原因分为组织的内外原因两部分,外部原因的主要内容为管理体系与安全文化,内部原因的主要内容为组织行为和个人行为,当组织行为相对稳定时,事故的主要致因是个人行为[8]。事故致因“2-4”模型应用十分广泛,樊占文等在分析现有的安全投入指标研究的基础上,结合事故致因 2-4 模型,对该模型应用在煤矿安全投入体系构建进行有效性分析探[9],李超等运用“2-4”模型理论对 17 起国内典型煤矿机电事故的个人层面原因和组织层面原因进行分析[10],倪廉钦等采用“2-4”模型事故致因链作为分析路径,定量统计分析了事故致因因素的发生频次和占比,总结得出重大事故发生的原因,构建了适用于煤矿重大事故的致因分析模型[11]。

## 2.2. 煤矿事故致因模型的建立

在分析大量煤矿事故调查报告的基础上,基于“2-4”模型,构建煤矿事故致因模型如图 1。

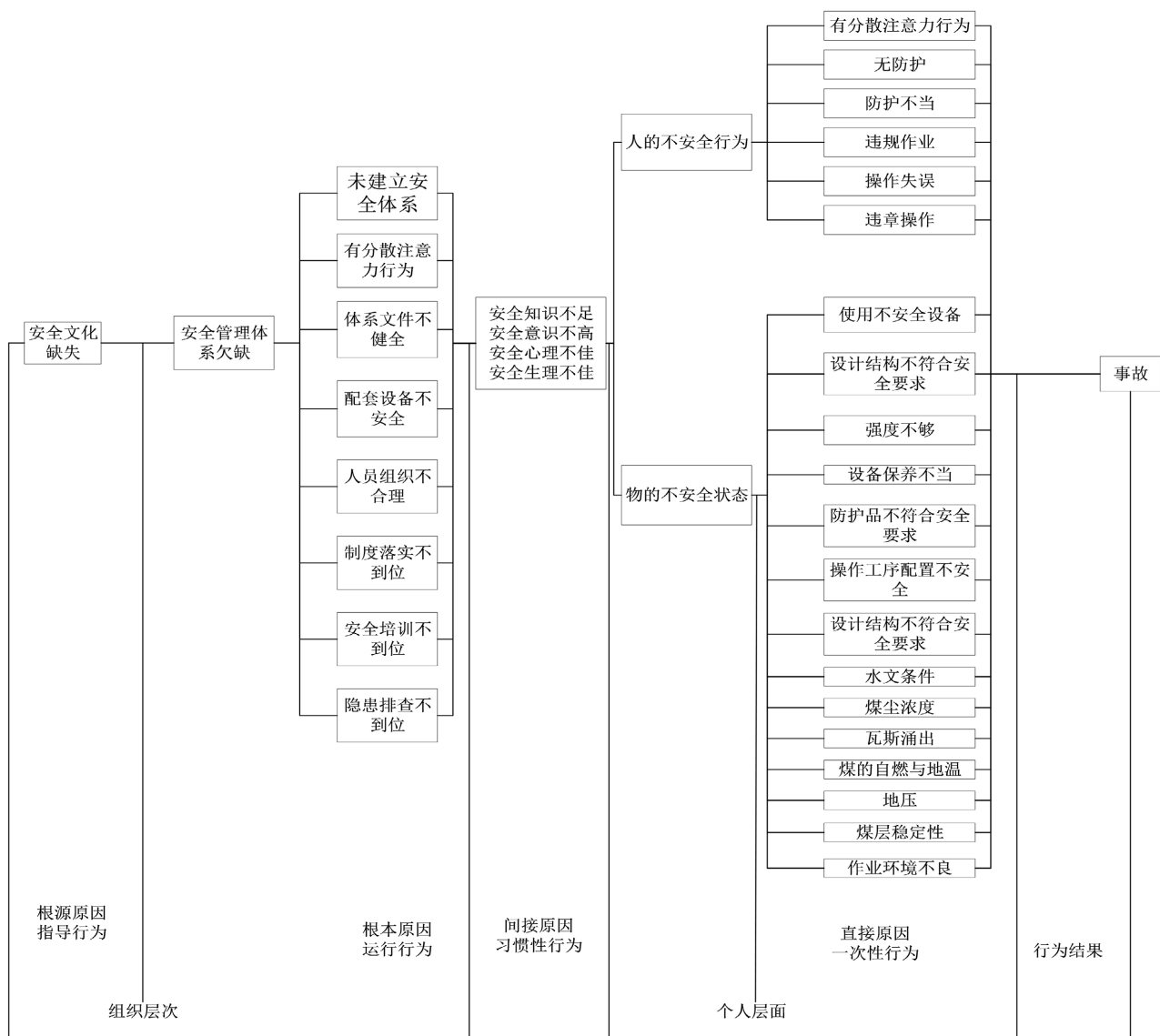


Figure 1. Coal mine accident causation model

图 1. 煤矿事故致因模型

个人层面的事故致因包括习惯性行为和一次性行为。煤矿事故致因模型认为一起煤矿事故发生的直接原因分为人的不安全行为和物的不安全状态，是由一次性行为导致的。作业人员在作业的过程中注意力分散、无防护、违章操作等一系列不安全的行为都可能导致事故的发生；物的不安全状态也是事故发生的重要物态，有工作设备的因素和煤矿特有的地质环境因素。很多事故发生后，都能找到事前的多次相关违章，这是由人的习惯性行为引起的，事故发生间接原因主要体现在安全知识不足、安全意识不佳、人员组织不合理等方面；组织层面的事故致因包括管理体系的运行行为与安全文化的指导行为。事故发生的根本原因也是间接原因发生原因，主要是由于组织者未建立完善的安全管理体系，如未建立安全体系、人员组织不合理等。安全管理体系的根源原因是安全文化的欠缺，组织者未主动提升作业人员的思想意识，对矿山安全文化建设没有达到一定高度。

每个致因因素下会有多个不同的表现形式，例如在直接原因下“人的不安全行为”下的致因因素“无防护”的表现形式有“无穿戴防护设备”、“无安全措施”、“无应急救援措施”等，由这些表现形式的一个或多个导致的煤矿安全事故或隐患，其致因因素都归于“无防护”。每个致因因素对应的部分表现形式如表 1 所示。

**Table 1.** Causative factors and manifestations

**表 1.** 致因因素及表现形式

致因因素	表现形式	
安全文化欠缺	对安全文化认识不足、对矿山安全文化建设没有提升到一定高度	
安全管理体系欠缺	未建立安全体系	缺乏完善的安全管理制度、缺乏专业的安全管理人员、缺乏有效的应急救援措施
	体系文件不健全	缺乏全面的安全管理体系、缺乏针对性的安全管理制度、缺乏有效的安全操作规程
	配套设备不安全	设备存在缺陷或故障、设备维护不到位
	人员组织不合理	人员配置不合理、人员管理不规范、人员疲劳和超时工作
	制度落实不到位	安全管理制度执行不力、安全检查和隐患排查不彻底、制度更新和维护不及时
	安全培训不到位	培训的内容过于理论化、培训方式和方法存在问题、培训形式简单
	隐患排查不到位	排查不全面、排查不深入、排查不规范、排查不及时
安全知识不足	安全规章制度不熟悉、安全操作技能不足、安全应急处理能力不足、安全知识更新不及时	
安全意识不高	安全意识淡薄、安全培训不足、安全宣传不够、事故处理不严格	
安全习惯不佳	日常习惯不好、缺乏自我保护意识、对安全问题不够敏感、日常操作不规范	
安全心理不佳	情绪不稳定、存在侥幸心理、工作急躁、存在麻痹心理	
安全生理不佳	身体疲劳、身体疾病、睡眠不足、饮食不当	
人的不安全动作	有分散注意力行为	注意力不集中、缺乏警觉性、粗心大意
	无防护	无防护设备、无安全措施、无应急救援措施、无安全培训
	防护不当	防护设备不足、防护设备使用不当、防护意识不强、未及时采取防护措施
	违规作业	未经培训上岗、擅自改变操作程序、违反劳动纪律、未严格执行检查制度
	操作失误	操作不规范、误操作、设备使用不当、缺乏沟通协调
	违章操作	未经授权操作、违反安全规定、忽视安全警示
	使用不安全设备	使用设备不合格、使用设备安装不当、设备维护不足

续表

物的不安全状态	设计结构不合安全要求	通风系统不合理、采煤方法不科学、巷道布置不合理、防水设施不完善
	强度不够	采煤工作面支护不足、承载强度不足、通风强度不足、防水设施不足
	设备在非正常状态下运行	设备超负荷运行、设备绝缘不良、未安装安全设施或不起作用
	设备保养不当	日常维护不足、维修质量不高、设备润滑不当
	防护用品不符合安全要求	煤矿所用防护用品不符合国家或行业标准、防护用品质量不稳定、防护用品数量不足、防护用品维护和管理不到位
	操作工序配置不安全	安全距离不足、设备配置不当、操作空间不足、缺乏安全警示标志
	水文条件	开采时未全面了解矿区水文地质特征、地下水循环规律
	瓦斯涌出	矿井瓦斯发生普通涌出、特殊涌出、煤与瓦斯突出
	煤尘浓度	矿井工作面和工作场所煤尘浓度过高
	煤的自然与地温	煤层具有自燃倾向
	地压	矿床开采过程中地压显现
	煤层稳定性差	煤层厚度变化的稳定程度较差
	作业环境不良	通风不良、照明光线不良、作业场地杂乱、作业场所狭窄、地面湿滑

煤矿事故致因模型分析了煤矿事故发生的直接原因、间接原因、根本原因、根源原因，依据致因模型可将事故调查报告中的事故发生原因进行提取归纳，探究煤矿事故发生的规律，也为探究事故发生的深层次原因提供了一个有效手段。同时煤矿安全事故信息系统基于该事故致因模型，设计出合理的数据结构，将事故的基本情况与致因因素储存在数据库中，并实现查询、统计以及对致因因素的分析，探究更深层次的规律。

### 3. 煤矿安全事故信息系统数据结构的设计

#### 3.1. 需求分析

煤炭作为我国工业生产原料和最基础能源，是实现清洁高效利用的最经济、最安全的矿产资源[12]，同时煤炭开采属高危行业，开采方式多数是井工开采，随着矿井服务年限不断延长，点多、线长、面广的局面不断增大，矿井客观存在的系统性安全风险持续增加，加之人的不安全行为和管理上的松懈，都为安全生产增添了不确定性因素，安全生产形势依然严峻复杂，安全生产事故时有发生[13]。煤矿安全事故调查报告是一种宝贵的资源，其内容详实、可靠、具有权威性，它的内容对于煤矿行业的决策者和管理者来说都很重要。而目前，煤矿安全事故调查报告大多以文本的形式分散地存储在各种网站，但仅仅提供文本浏览，没有检索及统计功能；煤矿安全事故信息存在存储零散、查找和统计困难、利用率低等问题。因此，利用计算机技术，构建煤矿安全事故数据库，高效地存储、管理、统计和分析煤矿事故信息是非常必要的。本文基于事故统计分析理论，结合煤矿事故预防的需求，设计出数据结构。

#### 3.2. 数据来源

本文主要从国家矿山安监局官方网站、煤矿安全生产网等网站收集了从 2015 年到 2023 年的事故调查报告。

#### 3.3. 数据库的设计

利用 Navicat 作为数据库的管理工具，设计出数据库的基本模型，如图 2 所示。数据库主要包括事故

基本情况表、矿井概况表、直接原因表、间接原因表、根本原因表、根源原因表。

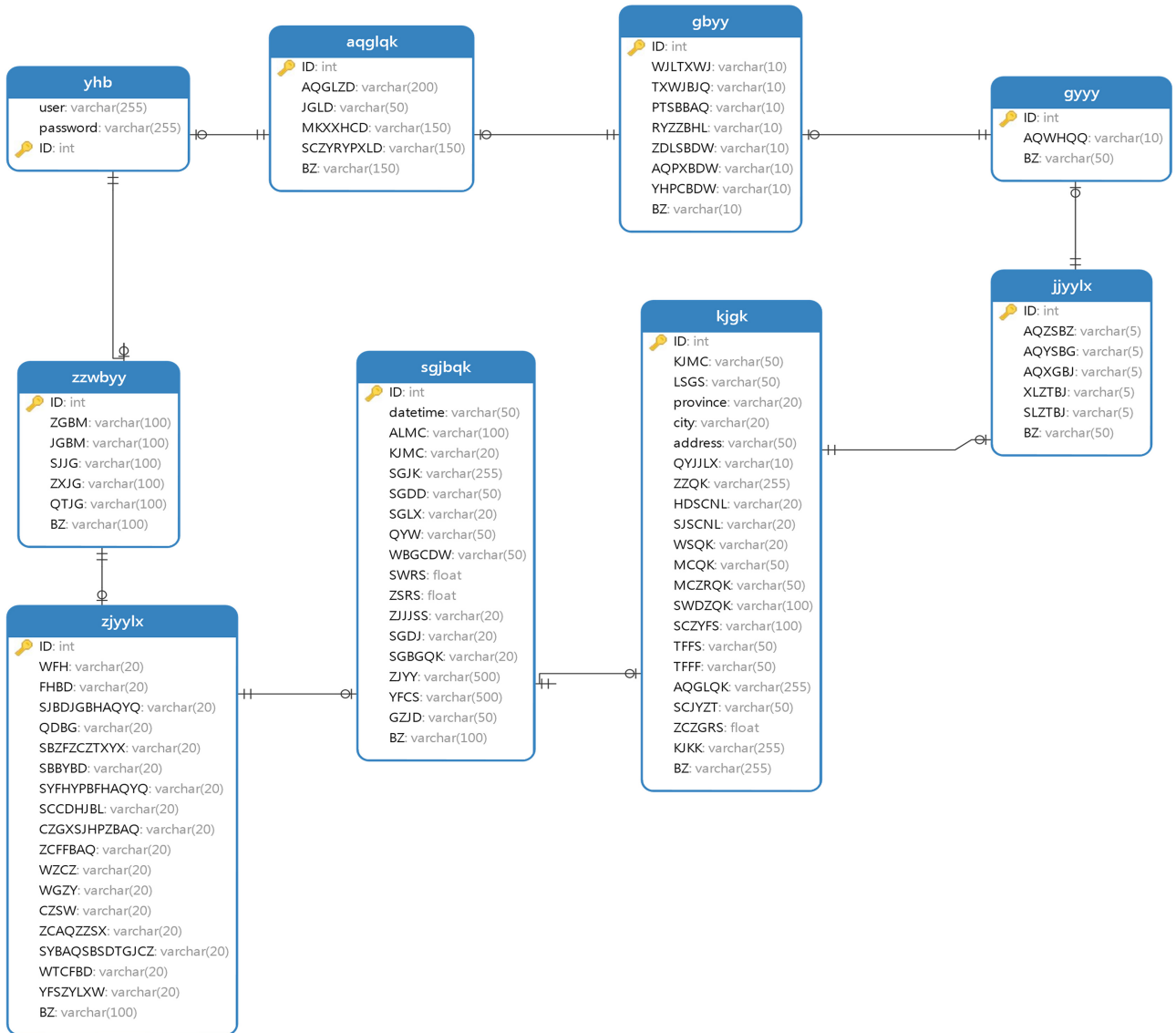


Figure 2. Association model of each table

图 2. 各表关系模型

1) 事故基本情况表包含事故的日期时间、案例名称、矿井名称、事故简况、事故地点、事故类型、起因物、外包工程单位、死亡人数、重伤人数、直接经济损失、事故等级、直接原因、预防措施、工作阶段等内容，主要对事故的基本情况进行基本的介绍，了解事故的大致经过。

2) 矿井概括表包含了矿井的基本信息，分为矿井名称、隶属公司、矿井的具体地址、企业经济类型、证照情况、核定生产能力、设计生产能力、瓦斯情况、煤层情况、水文地质情况、生产作业方式、通风方式、通风方法、安全管理情况、生产经营状态、在册职工人数、矿井概况等内容，介绍事故矿井的基本情况，从中了解事故矿井经营情况，总结经验教训。

3) 直接原因类型表、间接原因类型表、根源原因表、组织外部原因表以及根本原因表对事故调查报告进行分析整合，对造成事故的原因进行逐一分类。从事故的人、物、环、管因素出发，总结出可能造

成事故发生的原因,在对调查报告中所提及的各原因逐一填入。各个表用于记录每一个煤矿安全事故的事故致因分析结果,在事故调查结果报告的基础上,对煤矿安全事故的致因基于事故致因模型进行分析,并将分析结果存储在各个相应的表中。

#### 4. 系统功能的设计

煤矿安全信息管理系统功能的实现是基于 B/S 架构构建(浏览器/服务器结构),利用前后端不分离技术,采用 Flask 框架,使用 Python、HTML 等语言技术。煤矿安全信息管理系统是针对事故信息的增添、修改、查询、致因因素分析而建立的,需要具备简单查询、多表查询以及增添修改等基本功能,还要能够将数据库中的所有案例按照时间、事故类型、事故地点、地区、事故等级等进行统计查询并以图表的形式直观地显示出来,并能把查询结果和统计分析曲线打印出来。根据该系统的整体需求,系统的总体功能设计结构如图 3 所示,分为用户管理模块,事故编辑模块,事故查询模块,统计分析模块。

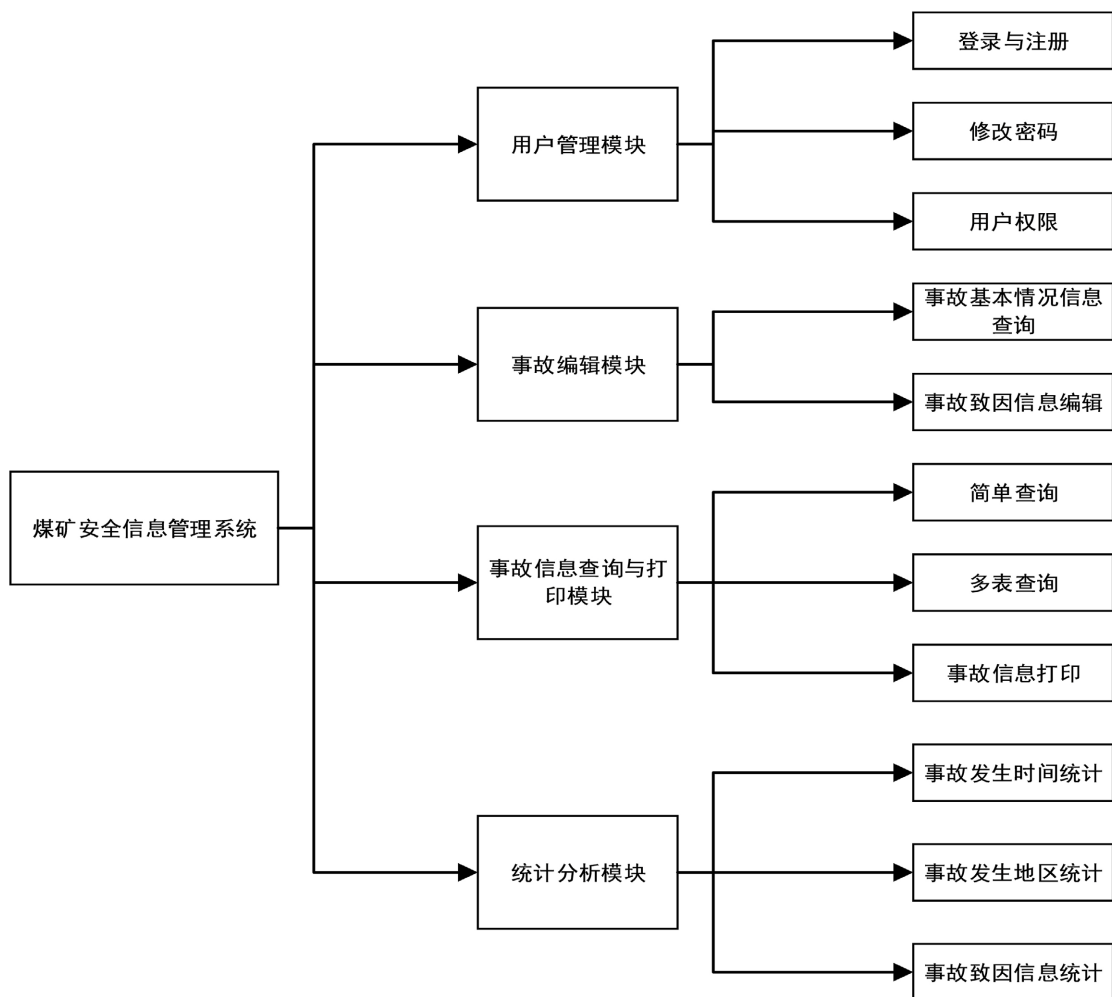


Figure 3. System function design  
图 3. 系统功能设计

##### 4.1. 用户管理模块

用户管理模块主要包括用户的注册与登录功能,修改密码功能以及不同类型用户的权限。用户能够

独立地通过各大主流邮箱实现注册，并能进行密码的修改，用户注册的各项信息均储存在用户表中。用户注册成功后即可通过登录页面输入注册时所用的邮箱、密码进行登录进入煤炭信息管理系统的功能页面。同时，用户管理模块创建不同的角色，分别为管理员、录入员、一般用户。普通用户只具备系统的检索、查询、以及数据的导出功能；录入员除了具备普通用户的权限还具备数据的录入权限；管理员即具备最高权限，不仅具备以上角色的权限，还能够进行角色的指定，角色的删减等权限。

#### 4.2. 事故编辑模块

该模块的主要作用是定期对煤矿事故信息及致因信息进行维护，定期对数据库内的信息进行更新。资料收集员每隔一段时间对近期各省发生的煤炭安全事故的事故调查报告进行收集，收集完毕后，进行资料的筛选处理，然后交给系统管理员或录入员直接在系统进行数据录入。煤矿事故信息管理模块和矿井基本信息管理模块的创建主要是为了保证数据的时效性、准确性，能够更好地反应当前煤矿安全面临的问题，提出更加有效的控制措施。

#### 4.3. 事故信息查询与打印模块

事故信息查询与打印模块主要的功能是使用户能够根据自己的需求，查询相关事故的信息以及打印出数据。在该模块中，用户不仅能输入关键词对每个表进行简单查询，还能输入多个关键词对多个表进行多表查询，显示出煤矿事故发生的基本信息，并能打印出查询结果。

#### 4.4. 统计分析模块

统计分析模块能够实现对数据库中的所有案例按照时间、事故地点、致因因素等进行统计并以图表的形式直观地显示出来。该模块能按事故发生的年份输出柱状图直观地统计各个省份发生的煤矿安全事故数量；输入事故发生的省份输出折线图反映某个省每年煤矿安全事故发生的规律；按照事故发生的原因统计各致因因素所占比例。

### 5. 煤矿安全事故信息管理系统的运行

ID	日期时间	案例名称	矿井名称	事故简况	事故地点	事故类型	起因物	外包工程单位	死亡人数	重伤人数	直接经济损失	事故等级	事故
1	2016-11-25 18:30:00	内蒙古博源煤化工有限责任公司湾图沟煤矿“11·25”较大顶板事故	湾图沟煤矿	2016年11月25日18时30分，内蒙古博源煤化工有限责任公司湾图沟煤矿（以下简称湾图沟煤矿）2-2中煤集中煤仓正上方巷道发生局部冒顶，冒落的矸石	故发生在该矿2-2中煤集中煤仓	生产安全责任事故	联巷顶板岩石	陕西天鹏建设工程有限公司	3.0	0.0	393.4万元	较大事故	迟报

Figure 4. The operation interface of the system

图 4. 系统的运行界面



通过测试,煤矿安全信息管理系统的功能基本完善。用户通过输入账号密码即可进入煤矿安全事故信息管理系统主界面,如图4所示,在主界面的右侧设有菜单选项栏,用户可通过点击不同功能选项即可使用不同的功能,在左上角用户名处可下拉选择退出账号。

## 6. 结语

1) 煤矿安全事故信息管理系统将煤矿安全事故调查报告进行集中信息化处理,能克服传统文本型事故存储方式管理不便的缺点,又能提高煤矿安全事故数据的利用效率,能方便相关从业人员对进行使用。

2) 与以往的数据库系统相比,煤矿安全事故信息管理系统在事故致因“2-4”模型基础上建立了一种新的煤矿事故致因模型,得到煤矿事故致因因素的层次结构,能够对煤矿安全事故的发生做更深层次的分析,从中总结煤矿事故发生的规律为煤矿事故预防及应急救援提供决策依据,为煤矿灾害安全评价提供基础数据,对预防煤矿事故的发生具有重要的意义。

## 基金项目

国家自然科学基金(52174178, 52174177)、大学生创新创业训练计划项目(S202310534037)。

## 参考文献

- [1] 赵亚军, 张志男, 贾廷贵. 2010-2021 年我国煤矿安全事故分析及安全对策研究[J]. 煤炭技术, 2023, 42(8): 128-131.
- [2] 叶青, 罗新荣, 贾真真, 等. 煤矿事故管理系统的设计与开发[J]. 中国安全科学学报, 2008(4): 131-136+2.
- [3] 刘洋, 林柏泉, 李贤忠, 等. 煤矿事故案例的安全职能分析及数据库系统设计[J]. 工矿自动化, 2012, 38(1): 29-32.
- [4] 张宏丽, 乔钢柱, 曾建潮. 煤矿安全事故数据库系统的设计与开发[J]. 太原科技大学学报, 2015, 36(4): 288-293.
- [5] 杨梦, 陈宁, 范誉航. 煤矿事故案例存储与检索研究[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(9): 103-109.
- [6] 冯彩肖. 煤矿工人不安全行为影响因素研究: 基于 320 份事故调查报告[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古科技大学, 2023.
- [7] 傅贵, 殷文韬, 董继业, Fan, D., Zhu, C.J. 行为安全“2-4”模型及其在煤矿安全管理中的应用[J]. 煤炭学报, 2013, 38(7): 1123-1129.
- [8] 傅贵, 杨春, 殷文韬, 等. 行为安全“2-4”模型的扩充版[J]. 煤炭报, 2014, 39(6): 994-999.
- [9] 樊占文, 姜福川, 单宇轩. 事故致因“2-4”模型在煤矿安全投入指标体系构建中的应用[J]. 煤矿安全, 2023, 54(4): 239-243.
- [10] 李超, 刘雪芹. 基于“2-4”模型的煤矿机电事故研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(24): 97-99.
- [11] 倪廉钦, 高杰. 基于扩充版“2-4”模型的煤矿重大事故致因分析[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2022, 36(3): 68-73.
- [12] 王军胜. 新形势下煤矿安全常态化管理的思考[J]. 陕西煤炭, 2024, 43(3): 145-148.
- [13] 王国法, 任世华, 庞义辉, 等. 煤炭工业“十三五”发展成效与“双碳”目标实施路径[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(9): 1-8.