

摘 要

多源信息的集成是目前采矿企业安全生产监控系统建设的一个重要课题。针对井下生产系统多数据源、多数据类型、多媒体结构的特点,重点研究了矿用信息平台的信息集成技术,并设计实现了一个具有数据流管理、空间数据管理以及多媒体数据管理的通用矿用信息集成平台。

在数据流与数据流管理相关理论的指导下,建立了数据流模型与查询语言的定义,实现了用于对井下监测监控信息进行管理的数据流管理子系统。将 MIS 与 GIS 进行集成,开发了空间数据库与图形管理子系统,实现了空间地理信息与属性信息的无缝集成。将多媒体技术纳入集成平台的设计,给出了多媒体辅助数据库与多媒体管理子系统的设计,以关系数据库为桥梁实现了集成平台中多媒体数据与空间数据的集成。

该矿用信息集成平台通过对 MIS、GIS、数据流管理系统以及多媒体数据的有效集成,解决了现有矿井安全系统之间的信息化孤岛问题,实现了矿井井下安全生产的管控一体化。该平台符合矿井安全的要求,不仅适用于煤矿等各类井下作业单位,而且还可用于从事地下设施管理的单位,具有广阔的应用前景。

关键词: 信息系统; 煤矿安全生产; 集成平台; 数据流管理; 数据库

Abstract

The integration of the multi-source information is an important subject of the safety production monitoring of mining enterprises at present. The integration technology of information platform is especially studied based on multi-source, multi-type data and multimedia underground. A universal information integrated platform for mine with data stream management, spatial data management and multimedia management is designed in this paper.

The model of data stream and the definition of continuous query language are proposed based on the interrelated technology of data stream and data stream management. Data stream management subsystem of the integrated platform is designed to manage the monitoring information of mine underground. The integration of MIS and GIS is studied. The design of spatial database and geographical information management subsystem is presented based on integration of MIS and GIS, and it realizes the integration of geographical information and attribute information. Multimedia technology is utilized in integrated platform, and also the design of multimedia secondary database and multimedia management subsystem is proposed. The integration of multimedia data and spatial data is implemented by using relation database.

The integration of MIS, GIS, DSMS and multimedia in the information integrated platform for mine realizes the management-control incorporation of safety production underground, and this greatly solves the information isolated island problems of different mine subsystems. The integrated information system satisfies the requirements of mining safety. This platform can be used in kinds of underground operation enterprises and underground facilities for the aim of management-control incorporation, and it has the vast prospect.

Keywords: information system; mine safety production; integrated platform; data stream management; database

哈尔滨工程大学 学位论文原创性声明

本人郑重声明：本论文的所有工作，是在导师的指导下，由作者本人独立完成的。有关观点、方法、数据和文献的引用已在文中指出，并与参考文献相对应。除文中已注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经公开发表的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者（签字）：李冬艳

日期：2007年 1 月 19 日

第 1 章 绪论

1.1 引言

煤炭生产作为我国能源生产的一个支柱产业，在国民经济中占有十分重要的地位。它对国家工业化建设与发展 and 国计民生都有很大的影响。同时，煤炭工业又是工业生产各行业中自然条件差、危险源多的行业。近年来，虽然煤炭工业得到很大发展，但并未实现对灾害事故的有效控制，瓦斯爆炸、透水、粉尘爆炸事故时有发生，安全生产形势依然严峻。在灾害事故中，瓦斯事故在煤矿各类灾害中发生最多、危害最大。瓦斯爆炸不仅直接造成人员伤亡和巨大的财产损失，而且往往导致煤尘爆炸和矿井火灾，给煤矿带来更大的危害。

鉴于煤矿安全生产的严峻形势，最有效的防治措施是利用信息技术改造传统煤炭工业现状，加大对煤矿的安全监管力度，提高监察信息化水平，带动煤矿和相关行业安全生产信息化进程，提升我国煤矿安全生产和管理水平，实现煤矿企业安全、可靠、高效生产的目 的而提供有力的支撑。

黑龙江省科技厅 2005 年度下达了重大科技攻关项目“煤矿矿井瓦斯事故综合预防及关键技术研究”。该项目组织了包括院校、研究所及企业等 7 家单位进行联合设计与开发。“矿用信息集成平台的研究与实现”是该项目中的一个子课题。

本课题的研究任务是通过课题的研究，将管理信息、地理信息与数据流监控信息以及多媒体信息等相结合，以建立一个监测监控系统和管理系统有机集成为核心，以稳定、实时、精确、耐用、价低为宗旨，建立起完善的矿用信息集成平台，用于煤矿企业井下安全生产系统，大幅度提高矿业生产的数字化管理水平，有效减少矿

井事故发生率。

1.2 目的与意义

本论文研究的目的是将各种传感器监控数据流、生产管理数据、地理信息数据、多媒体数据有效的集成，针对煤矿安全生产与信息系统设计有效发挥作用的共性问题 and 尚未解决的难题，通过调研、技术研究与设计，建立该矿用信息集成平台。研究该课题有着重要的作用和意义。

(1) 该系统适应国家对企业安全生产和企业信息化的需求；

(2) 该系统集成了井下安全生产所需的各类相关信息，具有信息资源丰富，集成度高和使用方便灵活的特点，充分利用这些信息，可极大地提高企业效益与安全生产水平；

(3) 在技术上，可提供数据流管理系统、地理信息系统、多媒体信息与管理系统有机集成的范例；

(4) 该系统具有开放性和通用性，可适用于各种类型矿业生产的井下作业环境的信息管理；

(5) 该系统具有平战结合的特点，平时作为安全生产管理的信息系统；应急状态下，作救援行动的辅助决策与救援系统；

(6) 黑龙江省作为能源大省，该系统的应用与推广，将为全省煤炭工业信息化和安全生产做出贡献。

1.3 国内外研究现状

工业发达国家的煤矿井下生产环境与生产设备及自动化水平较高，从整体技术水平和生产条件与国内煤矿不具备可比性。二十世纪末期以来，在新技术革命的带动下，煤矿开采和加工利用技术迅速发展。先进采煤国家积极应用机电一体化和自动化技术，研制开发了大功率、高性能的开采技术装备，广泛应用计算机技术实现了矿井生产过程自动化，实现了矿井的高产高效和集约化生产。

美、澳、英、德等国家研制开发了机电一体化、自动化新型采掘、运输、提升等生产设备。这些设备采用微机监测监控、自动化控制、机电一体化设计等先进技术，在增加传动功率、提高生产能力的同时，设备功能内涵发生重大突破，并在计算机控制技术支持下实现了煤矿生产过程的自动化控制。综采成套设备的生产能力已经达到 3000t/h 以上，在适宜的煤层条件下，采煤工作面可实现年产 5~10Mt，出现了“一矿一面、一个采区、一条生产线”的高效集约化生产模式。MINOS 监测系统是英国有代表性的先进监测系统，它能对井下环境进行连续监测。德国 TF-200 系统是 YF-24 系统的更新产品，功能扩大，传输通道数由 24 个增加到 52 个。波兰 CMM-20m 瓦斯监测系统。适合于小煤矿，可配接 20 个测点，采用循环方式监测各测点的参数，包括瓦斯浓度和风速等。美国研发的集中监测系统 SCADA 测点总数达到 1150 个。发达采煤国家已经实现了从普通综采机械化生产向高产高效集约化生产的过渡。

国内煤矿信息化起步较晚，仅以黑龙江省为例，据不完全统计半数国有重点煤矿通风系统及配套设施不完善，致使矿井通风能力不足需进行技术改造；突出矿井和高瓦斯矿井中，约 30%的突出矿井和 40%的高瓦斯矿井没有装备安全监测系统，已装备的安全监测系统部分为 80 年代末 90 年代初的产品，技术性能已不能满足要求；大部分矿井只装备了监测系统，没有监控系统。约 20%的矿井正常使用的瓦斯传感器不到 10 个。在国内只有山西的少数几个合资新矿的现代化管理水平与井下装备水平较高，但仍然没有实现企业的信息化，更没有矿用综合信息集成平台面世。

我国比较有代表性的研究机构有：煤科总院、辽宁工程大学、北京中煤、中国矿业大学、平顶山煤业集团等。比较有代表性的产品有：煤科总院抚顺分院的 KJF2000、深圳市格润特电子有限公司针对小型煤矿企业推出的 KJ2000 系统以及北京瑞赛长城航空测控技术有限公司的 KJ4 /KJ2000 系统，还有 KJ98、KJ93、KJ113 等等。

但目前为止应用的系统没有形成统一的通信协议和标准，系统各自处于封闭状态，系统间无法实现信息共享，很难实现全局或更

高级别的联网和系统的实时监测、管理。而且即使同一个厂家之间不同版本的产品协议也可能不一致。厂家之间不同版本的产品协议不规范也是制约用户进一步扩充系统功能的关键因素。

矿用信息集成平台的创立将地理信息、监控信息、多媒体信息和生产作业管理信息等优化集成，是一个集成优化的应用系统，实现矿井企业安全生产的数字化。它的向上延伸将实现整个企业的数字化，向下延伸将促进生产设备的数字化，进而提高整个企业的数字化水平。系统将向全面数字化、智能化方面发展，进一步提高决策支持的科学、准确性。

1.4 主要的工作内容

采用 CIM 哲理和软件工程的有关设计规范，以数据集成为中心，根据采矿企业的数据特点，研究多源数据集成的可行性与方法，进行平台相关技术的研究，特别是多源数据集成与数据流管理的研究、设计与开发工作。本文作者所做的工作有以下几点：

- (1) 到煤矿企业进行调研，了解矿业企业的需求与存在的问题，为集成平台的实施做好需求分析工作；
- (2) 针对传感器网络监控数据流的特点，重点研究数据流管理系统的原理与一般模型，给出数据流模型，查询语言，并设计适合矿用的数据流管理系统；
- (3) 对 MIS 与 GIS 两个系统功能模块的“无缝集成”进行研究，给出空间数据库的结构与集成方案，将 MIS 与 GIS 无缝集成，为用户提供业务级的服务；
- (4) 研究多媒体数据与空间数据的集成技术，提出以关系数据库为桥梁实现在集成平台中多媒体数据与空间数据的集成，给出多媒体数据库的结构，设计并实现多媒体播放功能；
- (5) 以地理信息系统、数据流管理系统、数据库为支撑，设计矿用的集成平台的整体框架。在 MapX 基础上，用 Visual Basic.NET 二次开发的方式，实现对地图的相关操作及各数据库的集成优化，

实现矿井多源信息的有效集成，并实现该平台。

1.5 本文的结构和组织

全文共分为 5 章，具体的结构描述如下。

第 1 章为绪论，介绍了课题的研究背景，研究的目的与意义，国内外现状与技术发展趋势，本课题主要的研究内容以及本文的结构和组织。

第 2 章相关技术主要分析了管理信息系统与地理信息系统的集成的方法，数据流及数据流管理系统的主要基础知识，以及多媒体技术的相关基础知识及在 GIS 中的应用。

第 3 章研究矿用信息集成平台多信息源、多数据类型数据的集成技术。首先根据矿井监控监测信息的特点，研究数据流与数据流管理的相关理论，提出数据流模型，查询语言，并设计数据流管理系统的结构。根据空间数据的特点，研究空间数据库与属性数据库的集成技术，给出了空间数据库的结构与空间数据的管理方法。研究多媒体技术的管理技术，给出多媒体数据库的建立过程，以关系数据库为桥梁实现多媒体技术与空间数据库的集成。

第 4 章为矿用信息集成平台的设计与实现。首先介绍系统开发工具和设计原则，根据相关技术的研究，提出系统总体结构，并设计实现基于 MIS、GIS、数据流管理系统及多媒体技术的矿用信息集成平台。最后具体介绍集成平台各子系统的实现。

第 5 章为论文的最后一部分，介绍集成平台的一个应用实例——××矿信息集成平台，主要介绍其体系结构、运行结果及系统运行效果评价。

第 2 章 相关技术

本章主要介绍矿用信息集成平台的设计与实现中涉及的相关理论与技术,包括 MIS 与 GIS 的集成,数据流管理系统及多媒体技术等,为矿用信息集成平台的研究与设计做准备。

2.1 管理信息系统与地理信息系统集成

集成的思想最早来源于 Joseph Harrington 的 CIM(Computer Integrated Manufacturing)这一概念。Harrington 认为虽然企业生产活动中的各个环节已逐步实现了计算机化和数控化,但各环节之间缺乏良好的联系,成为各自独立的“自动化孤岛”,影响到整体的效率。集成一直是大型软件开发遇到的问题,对于有多年开发积累的开发商而言,集成是快速开发应用系统的重要技术,因为系统集成技术能将现有技术和待开发技术快速整合在一起从而最大限度满足用户需求。同时集成也存在一些难点问题,主要集中在:①为集成系统选择合适的体系结构;②接口问题;③系统协调与优化;④系统集成项目管理问题等。

管理信息系统与地理信息系统系统集成实际上是以数据为基础,把应用模型和 GIS 系统功能协调统一的信息系统工程。体现在统一的用户界面、无缝数据库、嵌入式的分析机制、面向专业领域的 GIS 系统等[1]。

2.1.1 管理信息系统

1. 管理信息系统的定义

管理信息系统(Management Information System,简称 MIS)作为一门管理学、计算机科学、数学和系统科学等学科交叉组成的边缘学科是

一门不断发展的新型学科。MIS 系统在当今的知识经济社会发展的大背景下呈现出高速发展的态势，并且在实践应用中逐渐发挥出越来越大的作用，已经为广大企事业单位所接受并大量使用^[2]。

管理信息系统的创始人 G.B. DAVIS 认为，管理信息系统是一个利用计算机硬件和软件，建立数据库与分析模型，通过计划、控制等手段提供支持企业或组织运行、管理和决策信息的系统。

2. 管理信息系统的开发特点与难点

MIS 的开发具有所有软件系统的一些共性，同时也存在以下一些特点^[3]：

(1) 以数据为中心。“数据中心原理”是说只要企业的性质和目标不变，它的数据类就是稳定的，任何经营管理的瞬间，都是对这些数据类的数据输入(记录的增加、修改或删除)和数据输出(记录的检索或使用)，信息系统的开发应该面向数据，而不应该面向处理过程，因为处理过程是多变的。

(2) 指导管理过程规范化。具备计算机系统特点的 MIS 不仅提供了规范数据的处理功能，同时也使工作方式变得简单、规范。

(3) 信息化建设的可持续性。一个企业的信息化建设要经历一个较长的时间，通过新老系统的不断集成，最终完成整个企业的信息化建设。

(4) 系统开发的初期难以完全确立准确的目标和内容。由于企业在信息化建设的初期没有这方面的经验，经过前期企业用户和开发人员的共同探索，系统的目标和内容会逐步确定下来。

MIS 的这些特点同时也是它在开发上的难点：

(1) 建立系统的运行机制。MIS 建设是要用计算机系统将数据处理控制起来。不仅涉及到计算机技术，还涉及到管理工作。

(2) 了解实际的数据流程及业务逻辑。企业的业务通常也是较为复杂的，并有较大的变动可能性，这一部分的分析和规整工作也是 MIS 开发的难点之一。

(3) 控制开发过程。MIS 建设需要用户和开发人员一起来解决大量与实际业务相关的问题。在开发期间，应该分出开发工作的轻重

缓急，合理地配置资源，把众多的人员协调一致，确保开发出的系统结构合理、功能实用，这是 MIS 开发的目的^[2]。

(4) 重复开发。重复开发不仅浪费时间和人力、物力，而且重复开发的系统经常性地处于修补的完善过程中。

(5) 重“硬”不重“软”。企业使用不懂 MIS 的人员搞 MIS 的工作，只重视购买设备而不了解“软件”功用才是实施 MIS 困难的根本问题^[4]。

2.1.2 地理信息系统

地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)是一项以计算机为基础的新兴技术，围绕着这项技术的研究、开发和应用形成了一门交叉性、边缘性的学科，是管理和研究空间数据的技术系统，在计算机软硬件支持下，它可以对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理、对数据的有效管理、研究各种空间实体及相互关系[6]。

1. 地理信息系统的定义

GIS 是以地理空间数据库为基础，软件环境支持下，对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示，并采用地理模型分析方法，适时提供各种空间和动态的地理信息，为地理研究、综合评价、管理、定量分析和决策服务而建立的一类计算机应用系统。给出 GIS 的准确定义是困难的，因为 GIS 涉及的面太广，站在不同的角度，给出的定义就不同^[7]。通常可以从 4 种不同的途径来定义 GIS。

(1) 面向功能的定义。GIS 是采集、存储、检查、操作、分析和显示地理数据的系统。

(2) 面向应用的定义。这种方式根据 GIS 应用领域的不同，将 GIS 分为各类应用系统，例如土地信息系统、城市信息系统、规划信息系统、空间决策支持系统等。

(3) 工具箱定义方式。GIS 是一组用来采集、存储、查询、变换

和显示空间数据的工具的集合。这种定义强调 GIS 提供的用于处理地理数据的工具。

(4) 基于数据库的定义。GIS 是这样一类数据库系统，它的数据有空间次序，并且提供一个对数据进行操作的操作集合，用来回答对数据库中空间实体的查询。

2. GIS 空间数据的特征

GIS 中的数据可分为两类：一类主要是和空间位置、空间关系有关的数据，称为空间数据；另一类是地理元素中非空间的属性信息，称为属性数据。空间数据代表了空间真实对象或概念对象的基本的位置特性。空间数据的模式是一种层次结构，包括元素、集合体和层，层由几何体构成，而几何体又由元素构成。一般说来，数据具有选择性、可靠性、时间性、完备性、详细性和综合性的基本特征。空间数据除了具有一般数据的特性之外，还具有区别于其他数据的特征，构成空间数据库的特征只要有：

(1) 空间性。这是空间数据最主要的特性，是区别于其它数据的标志特征。空间数据描述了空间物体的位置、形态，甚至需要描述物体的空间拓扑关系。

(2) 抽象性。空间数据描述的是现实世界中的地物和地貌特征，非常的复杂，必须经过抽象处理。空间数据的抽象性还包括人为的取舍数据。抽象性还使数据产生多语义问题，在不同的抽象中，同一自然地物表示可能会有不同的语义。

(3) 多尺度与多态性。不同的观察尺度具有不同的比例尺和不同的精度，同一地物在不同的情况下就会有形态差异。许多 GIS 软件为了实现与其他软件交换数据，制定了明码的交换格式来实现不同软件之间的数据转换。

(4) 多时空性。GIS 数据具有很强的时空特性。一个 GIS 系统中的数据源既有同一时间不同空间的数据系列，也有同一空间不同时间序列的数据。不仅如此，GIS 会根据系统需要而采用不同尺度对地理空间进行表达。GIS 数据是包括不同时空和不同尺度数据源的集成。

3. 组件式 GIS 系统的组织管理

国际上大多数 GIS 软件公司把开发组件式软件作为重要的发展战略。Intergraph 公司声称已经进入组件式 GIS 的时代, 它推出的 GeoMedia 组件式 GIS 软件是其庞大的 Jupiter 计划中的一部分。ESRI 和 MapInfo 也分别推出了 Map Objects 和 MapX。

ComGIS 的发展符合当今软件技术的发展潮流, 同时也极大地方便了应用和系统集成。同传统的 GIS 比较, 这一技术具有以下几方面特点^[4]: ①小巧灵活、价格便宜; ②直接嵌入 MIS 开发工具; ③强大的 GIS 功能; ④开发简捷。由于 GIS 组件可以直接嵌入 MIS 开发工具中, 对于广大开发人员来讲, 就可以自由选用他们熟悉的开发工具。而且, GIS 组件提供的 API 形式非常接近 MIS 工具的模式, 开发人员可以像管理数据库表一样熟练地管理地图等空间数据, 无须对开发人员进行特殊的培训。这将使大量的 MIS 开发人员能够较快地过渡到 GIS 或 GMIS 的开发工作中, 从而大大加速 GIS 的发展。

2.1.3 MIS 与 GIS 的区别与联系

GIS 与一般管理信息系统的主要区别在于 GIS 处理空间数据的能力, 它除了包含一般数据库的字母数据库外, 还有图形数据库, 而且要共同管理、分析和使用图形数据和属性数据, 所以, GIS 在硬件和软件方面均比一般管理信息系统更加复杂, 在功能上也比后者大得多^[9]。两者具有许多共同的特性, 主要表现在以下几点:

(1) 它们都是信息系统, 共同拥有信息元素和系统元素, 信息系统的主要目标是收集信息、存储信息、生产新信息和提供信息服务。

(2) GIS 也和 MIS 一样含有管理元素。之所以称为 GIS, 仅仅因为它的处理对象以地理信息为主, GIS 中同时需要管理元素的支持。

(3) MIS 和 GIS 都是集信息学、计算机科学、传播学(传播理论和通讯技术管理学)、逻辑学等学科为一体为某一学科服务的综合学科和综合技术。

(4) MIS 有时候也要以空间数据为基础进行信息分析和定位。

两者之间的区别主要有以下几点：

(1) 系统软件架构不同，二者融合困难很大，即使融合，也仅仅是对某一应用，不能做到软件复用。并且技术架构已经不能跟上最新的企业应用级别的软件架构技术，将业务逻辑与具体实现分开并提供可靠、标准的面向企业级服务。

(2) 对数据的表达与操作迥异，协同工作存在开发上的问题。

(3) 解决行业问题仅仅靠纯 MIS 形式已经显得捉襟见肘，若结合 GIS 的强大功能可以解决许多现实问题。

(4) 两者的存储方式不同，数据共享困难。MIS 以非空间数据为主要存储和处理对象，空间数据为辅助对象；GIS 则以空间数据为主要对象，非空间数据为辅助对象。

(5) 某些系统功能侧重点不同。正因为两类系统数据侧重面的差异和某些功能不同，才形成了两类系统。

2.1.4 集成的意义与方法

1. MIS 与 GIS 集成的意义

一个信息系统要能被广大用户采用，它必须实用、方便，能解决用户的问题，而且价格要适中。如果建成包罗万象的“全能”系统，不但造价高、维护不易，而且许多功能利用率低造成浪费，还不如按人们习惯的方式，首先建立以一种专门学科为基础的信息系统，然后集成在一起，互补互助形成既各自能独立完成任务，又能方便协同工作的多用途系统。

MIS 与 GIS 集成可以相互取长补短，完成各自的信息服务任务。以地理数据为基础进行某些信息服务时，需要经济、社会数据和某些系统功能；反之，MIS 进行信息服务时也需要空间数据做条件以及 GIS 所具备的空间处理功能。二者集成将扩大信息处理与服务范围，提高信息质量和信息服务水平。

2. 集成的方法与步骤

集成系统的体系结构影响到系统的集成度和运行效率。从集成

的体系结构上划分,目前广泛采用的体系结构有三种形式:对称结构、嵌入结构和一种新的集成系统体系结构—动态链接结构。

对称结构通常都是为了连接两个彼此独立的软件系统。其特点是利用或建立两个独立系统的“输入/输出”功能以完成数据的交换。它并不对独立系统的内部或外部结构进行任何改变,因此集成系统所需付出的代价是很低的,当然系统的效率也是很低的,用户必须在两个独立的软件系统之间来回切换,人为地设定数据的流向。这种方式的集成只需要少量的编程就可实现,通常是终端用户的集成策略,以较低的代价换取一个可运行的集成系统。

嵌入式集成系统是以 GIS 为核心系统,利用 GIS 的命令语言集编写事件驱动程序,在运行期激活客户系统的操作,从而提供了一个无缝的操作环境。

动态链接结构(Dynamic Linking)将 GIS 核心系统与外部服务程序及客户程序通过对象链接与嵌入(Object Linking and Embedding,简称 OLE)方法动态地连接起来,很好地完成了数据在不同系统间的转换与共享[10]。

MIS/GIS 系统集成是一项复杂的技术,它不仅需要考虑到数据、GIS 和 MIS 模型三个方面的需求,并且需要考虑集成系统本身的需求(如服务对象、组织形式、操作环境等)。依据正确的步骤,才能完成系统的集成。集成系统的实现通常需要以下步骤^[3]:

(1) 系统需求分析包括集成系统的最终服务对象的确定。对应用项目作需求分析,确定要解决的问题、要实现的功能。

(2) 对问题进行具体分析,依此将总体功能要求详细划分为单项的基本功能模块,从技术上分析各种 GIS 软件产品功能、结构(模块分解、集成的可能性与兼容性)。确定集成系统所采用的体系结构,明确各种体系结构的优缺点。

(3) 数据标准的选择或制订数据转换标准、存储标准、内存数据结构以及元数据标准。

(4) 根据选用的 GIS 产品和 MIS 数据的存储格式,确定 GIS 与 MIS 共享方法。

(5) 将整个系统与集成相关的部分独立起来, 做到 GIS 与 MIS 集成的通用性。

(6) 集成系统的开发、测试与回归。

2.2 数据流管理系统

30 多年来, 数据库技术发展迅速且得到了广泛应用。一方面, 数据建模形式多样, 从层次数据库、网状数据库、关系数据库、对象数据库, 直到关系对象数据库等等; 另一方面, 数据规模也越来越大。传统数据库技术的一个共同点是: 数据存储于介质中。可以多次利用; 用户提交数据操纵语言(Data Manipulation Language, 简称 DML)来获取查询结果。尽管传统数据库获得了巨大的成功, 但是在 20 世纪末, 一种新的应用模型却对它提出了有力的挑战。这种名为数据流(Data Stream)^[11]的应用模型广泛出现在众多领域, 例如金融应用、电话记录、网络监视、通信数据管理、Web 应用、传感器网络数据处理等等^[12]。

2.2.1 数据流

1. 数据流的特点

数据流是一个实时的、连续的、潜在无界的、有序的(隐含的通过到达时间或者明确的时间戳)项的序列。数据流的项通常采用关系元组的形式。因特网、Web 以及传感器网络等已经促使应用将数据看作一种连续的数据流, 而不是固定的数据集合。由此可见, 数据流是连续的、无限的、快速的、随时间变化的数据项的序列。

在数据流模型中, 一些或者所有输入数据的操作都是建立在一个或多个连续到达的数据流的基础上, 而不是在硬盘或者内存上。令 t 表示任一时间戳, a_t 表示在该时间戳到达的数据, 流数据可以表示成 $\{\dots, a_{t-1}, a_t, a_{t+1}, \dots\}$ 。区别于传统应用模型, 流数据模型具有以下 4 点共性: ①数据实时到达; ②数据到达次序独立, 不受应用

系统所控制；③数据规模宏大且不能预知其最大值；④数据一经处理，除非特意保存，否则不能被再次取出处理，或者再次提取数据代价昂贵。利用传统技术处理这种模型，必须将数据全部存储到介质中，然后通过提交 DML 语句访问存储介质来获取查询结果。但是，由于数据规模宏大且到达速度很快，传统技术难以满足实时要求 [13]。数据流模型上的操作对象也包括存储在传统关系上的数据。通常，数据流查询是在数据流和存储的关系数据上进行的。

2. 算子与数据流窗口

常用的算子(Operator)包括窗口算子、选择算子、投影算子、连接算子、聚集算子等^[12]。数据流的无限性和实时性不允许等最后一条元组到达后再进行处理，所以数据流管理系统大部分查询都是针对某个窗口进行的。数据流窗口模型根据不同的时序范围可以划分成多种子模型，包括界标模型(Landmark Model)、滑动窗口模型(Sliding Window Model)和快照模型(Snapshot Model)。令 n 表示当前时间戳， s ， e 分别是两个已知的时间戳。界标模型的查询范围从某一个已知的初始时间点到当前时间点为止，即 $\{a_s, \dots, a_n\}$ 。滑动窗口模型仅关心数据流中最新的 W (W 也称为滑动窗口大小)个数，其查询范围是 $\{a_{\max(n-W+1, 0)}, \dots, a_n\}$ ，随着数据的不断到达，窗口中的数据也不断平移。快照模型则将操作限制在两个预定义的时间戳之间，表示为 $\{a_s, \dots, a_e\}$ 。界标模型和滑动窗口模型由于要不断处理新来的数据，更接近于真实应用，因而得到更加广泛的研究。

3. 查询语言

查询语言是数据流管理系统与用户的接口。目前提出的流式查询语言主要有三种：基于关系的，基于对象的和基于过程的。

(1) 基于关系的语言。已有的基于关系的语言有三种：CQL^[14]，StreaQuel^[15] 和 Aquery^[16]。它们都具有类似 SQL 的句法，同时还提供了对窗口和排序的支持。CQL(Continuous Query Language)用于 STREAM 系统，该系统将数据流和窗口看作通过时间戳排列成的关系。该系统先利用 stream-to-relation 操作将数据流转换成关系，然后进行一般的关系操作 (relation-to-relation 操作)。StreaQuel 是

TelegraphCQ系统实现的查询语言，它支持高级窗口技术，并且其所有的输入和输出都采用数据流形式而不再需要relation-to-stream操作。每一个StreaQuel 查询后面都跟随着一个for-loop结构，其中变量*t*指明了循环的时间。Loop循环包含了一个WindowIS 语句，它指明了窗口的类型和大小。其中S表示一个流，NOW表示当前时间。Aquery查询语言是以查询代数和SQL为基础的用于排序的语言。表列被看作数组，可以使用的排序操作有：next、previous、first和last等。

(2) 基于对象的语言。面向对象的流建模方法是根据类型层次对数据流的元素进行分类。这种方法在Tribeca网络监控系统中得到了应用[17]。另一种方法是对数据源进行建模，其建模方式如ADTs，如在COUGAR^[19]传感器数据库中的建模方式。传感器的每种类型用一个ADT建模，接口中包含了传感器的各种信号处理方法。

(3) 基于过程的语言。过程式查询语言则让用户自己指定数据的流动，其代表为Aurora^[19]。在优化阶段，虽然Aurora系统可以延迟执行重组、增加、删除操作，但用户可通过一个图形化结构自己构造查询计划，自己组织box(相当于查询操作)并将它们直接连接起来指定数据流向。Aurora 系统包含了许多其它语言中未明确定义过的操作，如*map*将一个函数应用于每一个数据项(这个操作在AQuery中也定义过，称作“*each*”)，*resample*在一个窗口中重新插入丢失的数据项，*drop*则当输入速率很快时将任意地摒弃一些数据。

表2.1总结了目前已提出的连续查询语言，综合来看，从SQL扩展的基于关系的查询语言是目前最为流行的一种连续查询语言。

2.2.2 数据流管理系统

1. DSMS 与 DBMS

一个数据流管理系统(DSMS)跟传统的数据库系统在功能和性能上是相似的，它允许一些或者所有的数据以连续的数据流的形式到达。如果把数据集看作一个特殊的数据流，可以把数据流管理系统定义为传统数据库系统的扩展。DSMS 增加了数据流的两个基本

查询：连续查询和即席查询。一般 DSMS 和 DBMS 的不同之处在于以下几点^[19]。

表2.1流式查询语言汇总

语言/系统	Aquery	Aurora	CQL/ STREAM	StreaQuel/ TelegrphCQ	Triberca
适用的应用	股票报价, 网络监控分析	传感器数据	所有目的	传感器数据	网络监控分析
允许的输入	已分类的关系表	数据流	数据流和关系表	数据流和关系表	单输入数据流
基本操作	Relational, "each", orderdependent	σ, π, \cup , group-by, resample, drop, map, window sort	Relational, relation-to-stream, sample	Relational	σ, π, \cup , group-by, union-aggregates
窗口的类型	固定的, 界标的, 滑动的	固定的, 界标的, 滑动的	滑动的	所有类型的	固定的, 界标的, 滑动的
支持窗口	基于时间和数量	基于时间和数量	基于时间和数量	基于时间和数量	基于时间和数量
窗口的执行	无	流式的	流式的	流式的或周期性的	流式的
自定义操作	根据 "each" 操作	根据 map 操作	允许用户自定义操作	允许用户自定义操作	允许用户进行聚集操作

(1) DBMS处理的数据是有限的静态数据集，数据具有持久性，

即数据是相对稳定的，且都是结构化的；而DSMS处理的数据是无限的数据序列，数据具有时效性，且数据可能是半结构化甚至是无结构的。

(2) DBMS 查询具有静态的查询计划，查询结果是有限而精确的，在查询真正执行前就进行查询优化；DSMS 查询则具有动态的查询计划，查询是持久的，查询结果是无限的流并且可能是大概的结果，且查询优化一直伴随着查询执行，根据统计信息进行再优化。

(3) DBMS 一般采用被动模式，即是由人驱动的，大部分的数据处理要求是来自用户提出的请求；DSMS 则采取主动的方式，即由数据驱动，只要查询一注册，系统会随着数据的到达而不断地向用户发送查询结果，例如监测数据的流入并对异常的情况做出处理。

(4) 传统的查询处理器以统一方式(典型的集中在响应时间)优化所有的查询。流数据管理通常要满足特殊应用的优化标准(QoS)。

(5) 传统 DBMS 是基于 pull 的查询处理标准。基于 push 的数据处理是 DSMS 的处理标准^[20]。

传统数据处理技术和数据流处理技术的差异如图 2.1 所示。

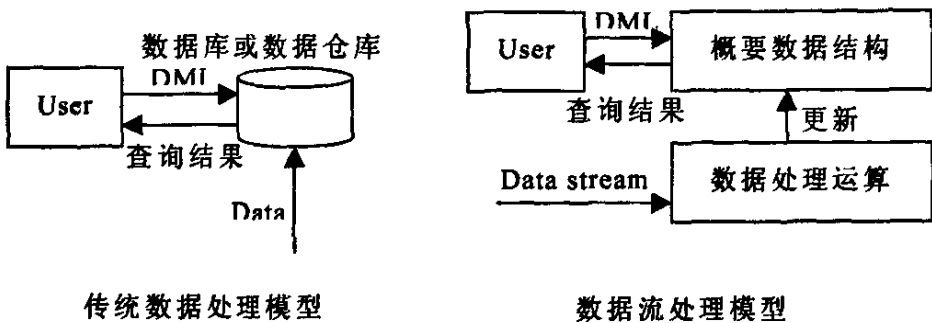


图 2.1 传统数据处理模型和数据流处理模型比较

从图 2.1 可以看出，传统的数据处理技术将所有数据存放到数据库或者数据仓库中；系统响应用户提交的 DML 语句，搜索数据存储媒介，返回查询结果。当数据规模很大时，数据往往以磁盘或者磁

带为介质，因而执行查询操作需要大量的 I/O 交换，效率低下，不能适应实时系统的需求。相反，新的流数据处理技术并不保存整个数据集，仅维护一个远小于其规模的概要数据结构，从而能够常驻内存。流数据处理技术往往包含两部分算法，一部分监控流中的数据，更新概要数据结构；另一部分响应用户查询请求，返回近似查询结果。Lukasz Golab 给出了 DSMS 的参考结构[21]，如图 2.2 所示。

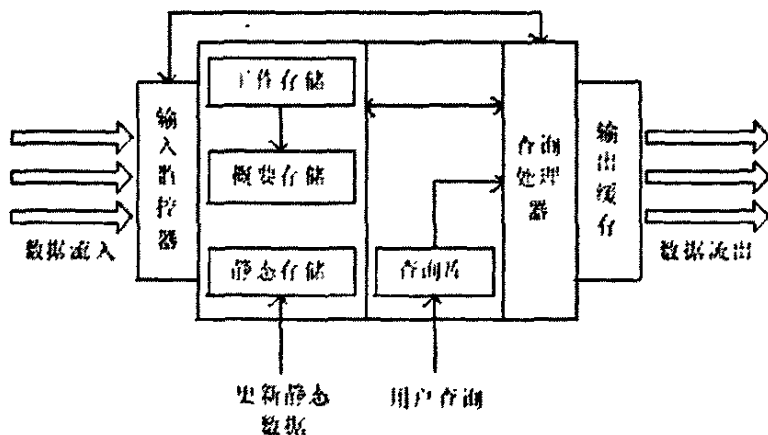


图 2.2 DSMS 的参考结构

图 2.2 是数据流管理系统的一个参考的抽象结构。输入监听器可以通过诸如取样的方法控制数据输入的流量。数据存储通常分为三个部分：临时工作区(用于窗口查询)，流大纲的概要存储，元数据的静态存储(每个数据源的物理位置等信息)。查询库存储的是系统已经注册的连续查询，这些查询可以用作共享处理。除了连续查询，当前数据流状态上的一次查询也是允许的。查询处理器与输入监控器相互通信，并且可以根据数据输入速率的变化重新优化查询计划。结果以流的方式输出给用户或者存储在临时缓存中。

2. DSMS 的基本需求

数据流独特的特点和连续查询使得 DSMS 有以下的需求[14]:

- (1) 数据模型和查询语义必须允许基于顺序的和基于时间的操

作(例如, 在 5 分钟的滑动窗口上的查询)。

(2) 由于无法存储整个数据流, 所以可能要使用近似的摘要结构。这样, 在摘要上的查询可能就返回不了精确的结果。

(3) 流查询计划不能使用块操作, 因为这些操作需要在产生结果之前获得所有输入。

(4) 由于性能和存储的限制, 无法对数据流进行再次访问。联机的流算法是基于一遍扫描的。

(5) 监测流的应用必须对异常的数据做出快速的反应。

(6) 长期运行的查询在它们执行期可能会遇到系统状态变化的情况(例如, 流速率的变化)。

(7) 许多连续的查询的共享执行必须保证可测量性。

2.3 多媒体技术

随着计算机技术进入家庭和“信息高速公路”的兴起, 多媒体已成为近十年来最引人瞩目的文化现象, 也是 20 世纪末和 21 世纪除信息领域中最大的热点之一。

1. 多媒体和多媒体技术

多媒体(Multimedia), 简单的说, 就是多种媒体的结合和使用, 这些媒体可以是图形、图像、声音、文字、视频、动画等表现形式也可以是显示器、扬声器、电视机等信息的展示设备以及传输信息的光缆、电缆、电磁波等介质, 还可以是存储信息的磁盘、光盘、磁带等存储设备。

多媒体技术(Multimedia Technique)是指利用计算机综合处理多种媒体(文字、图形、图像、音频和视频)信息, 使多种信息建立逻辑连接, 进而集成为一个系统, 并具有交互性的技术[22]。

多媒体技术把计算机及传统的视听科技有效地结合起来, 是多重科技的整合及表现。多媒体概念的出现, 使得信息产业整体相关技术的发展、人类传统学习知识的方法和接受信息的方式、人机界面之间的互动关系以及工作和娱乐的形式等, 产生了划时代的变革。

2. 多媒体元素

在 Windows 平台上，可以使用的多媒体元素包括视频、音频、动画、图形图像和文本，在使用高级程序语言编写多媒体应用程序时，这些元素是可以使用的基本多媒体类型^[25]。

(1) 音频。音频(Audio)分为三种类型，即波形音频(WAV)、光盘数字音频(CD Audio)和数字音频(Music Instrument Digital Interface, MIDI)。声音是传递信息最方便和最熟悉的方式，不仅烘托气氛，并且增强活力。音频信息增强了对其他类型媒体所表达信息的理解，例如一段配音讲述可以加强对文本的理解与记忆，一段背景音乐可增强动画的效果。

(2) 视频。视频(Video)是图像数据的一种，若干有联系的图像数据连续播放便成了视频。视频文件的格式包括：① AVI 文件：AVI(Audio-Video Interleaved)是 Video for Windows 所使用的文件格式；② DAT 文件：DAT 文件是 Video CD 或 karaoke CD 数据文件格式，基于 MPEG(Moving Pictures Experts Group)压缩算法；③ MOV 文件：MOV 是 Macintosh 计算机用的视频文件格式；④ MPG 文件：MPG 文件是使用 MPEG 压缩算法的全运动视频图像文件格式。

(3) 动画。动画(Animation)可以分为两种类型：对象动画(Cast-base Animation)和帧动画(Frame-base Animation)。前者是演示中的每一个对象都是有其模式、大小、形状、颜色和速度的独立元素，演示脚本控制对象在每一帧动画中的位置和速度。后者是有一系列快速连续播放的帧画面构成。帧动画可以作为独立的单元进行编辑，而对象动画是完全基于时间的，没有可单独编辑的独立帧。平时常见的卡通动画就是帧动画。

(4) 图形图像。在多媒体程序设计中，大部分工作是制作图形(Graphic)或图像(Image)。图像有两种基本描述格式，即位图和矢量等。

(5) 文本。在多媒体应用程序中，文本(Text)是常常被忽略的元素，但它决不是可有可无，文本元素可以有多种使用方式和显示效果，例如可以在屏幕上移动也可以在位图图像上透明显示等。

3. 多媒体系统构成

多媒体系统主要有以下三部分构成。

(1) 多媒体硬件系统。多媒体硬件系统由计算机硬件设备、音频输入输出和处理设备、视频输入输出和处理设备组成，根据需要还可以选配多媒体通讯设备等。

(2) 多媒体操作系统。多媒体操作系统是多媒体系统的核心部分，实现多媒体环境下多任务的调度，保证音频、视频及其同步控制及信息处理的实时性，提供多媒体信息的各种基本操作和管理，具有对设备的相对独立性和可操作性，具有独立于硬件设备的较强的可扩展能力。

(3) 多媒体创作工具^[23]。目前，常见的多媒体创作工具包括：音频编辑软件(如 Windows 中的 Sound Record)、图形制作软件(如 CorelDraw)、图像处理软件(如 Photoshop)、视频编辑工具(如 Microsoft 的 Video for Windows, Adobe 公司的 Premiere 等)、动画制作软件(如 Animator pro 和 Autodesk 公司的 3D Studio)。

4. 多媒体在 GIS 中的应用

多媒体技术集文本、图形、图像、声音、动画、视频等多种媒体于一体，从而能够以视觉、听觉、触觉等形式直观、形象、生动地表达空间信息。

多媒体技术在 GIS 中的应用包括两个部分^[24]：一是 GIS 设计过程中的应用，包括数据录入、编辑、数据组织与管理及应用模式的设计；二是强化 GIS 功能方面的应用，包括查询、显示等。

(1) 多媒体技术在 GIS 设计过程中的应用^{[26][27]}

目前，GIS 系统的图形数据录入多采用手工数字化或者先扫描后人工编辑的方式，属性数据的录入只要用键盘方式。数据录入时，操作人员往往既要看图纸，又要看字符屏幕和图形显示器，还要用手操作数字化仪、键盘或鼠标，工作强度大，效率低下，出错率高。林宗坚等研究了语音输入与输出技术相结合的声图系统，通过运用语音正识技术、多媒体信息反馈技术和地图符号语音注记技术等关键技术，减少了错误率和操作强度。更为深入的应用是建立所谓的

多媒体数据录入系统，即通过对多媒体传感器的联合驱动与应用，达到地图数据录入与编辑的最佳效果。

(2) 多媒体技术在强化 GIS 功能方面的应用^{[28][29]}

扩大 GIS 的处理对象、数据来源及处理手段。传统 GIS 数据主要来源于地图数字化。扫描于遥感图像处理，实现多媒体地理信息系统后，能使其数据源增加，操作对象可以扩展到影像、声音等，使 GIS 向办公自动化方向迈出重大的一步。

增加 GIS 的表现手段和效果。多媒体技术使 GIS 更加透彻、生动、详尽地反应空间事务及其规律，多重属性地叠加，真三维显示、动画视觉仿真，使人有身临其境的感受。加速 GIS 社会化、大众化和支持宏观决策。多媒体地理信息系统使 GIS 从专业性强的高科技转换成为使用普及工具。其作用降低了 GIS 的操作难度，提高了趣味性；增加了表现内容与表现形式，扩大了 GIS 使用对象与范围。建立 GIS 高速公路。对媒体技术支持 GIS 与电视、广播、卫星、通讯联接，并作为信息高速公路的主要组成部分与数据来源，直接输入输出 GIS 多媒体产品。

总之，多媒体技术与 GIS 的完美结合，为 GIS 的发展开辟了另—新的领域。

2.4 本章小结

本章主要介绍矿用信息集成平台用到的相关技术，为下面的集成平台的研究、设计与实现做准备。内容分三个部分，第一部分介绍 MIS 与 GIS 的集成，包括管理信息系统与地理信息系统的定义，空间数据的特征和组件式地理信息系统，MIS 与 GIS 的区别与联系，MIS/GIS 集成的意义，以及 MIS/GIS 集成的方法和步骤。第二部分介绍数据流管理系统，包括数据流的定义、特征及应用，流式查询语言以及数据流管理系统。第三部分介绍多媒体技术，包括多媒体基本知识及多媒体技术在 GIS 中的应用。

第3章 矿用信息集成平台数据管理技术研究

本章将根据采矿企业多信息源、多数据流与多数据类型的特点，对矿用信息集成平台中用到的关键技术进行研究，主要是数据流与数据流管理，空间数据管理及多媒体数据管理等。提出数据管理方案，为集成平台的设计与实现提供技术支持。

3.1 系统环境

矿业生产大多是以井下生产为主要过程的开采作业方式，井下作业与作业现场、作业机械、运输系统、作业人员、通风排水、地质水文等诸因素相关的复杂生产方式。在生产过程中也产生了大量的生产作业信息，主要分为管理信息、地理信息、监测监控信息等。

1. 管理信息

矿井管理信息主要有以下几种：

- (1) 井下生产作业人员信息(作业类型、工种、人员卡片)；
- (2) 井下生产作业类型信息(采煤、掘进、维护)；
- (3) 井下作业区作业机械与设备信息；
- (4) 井下作业区供电与照明系统信息；
- (5) 瓦斯、粉尘、温湿度超标多媒体报警信息；
- (6) 安全生产政策法规等信息。

2. 地理信息

矿井地理信息主要有以下几种：

- (1) 巷道布局信息；
- (2) 井下作业区地质信息；
- (3) 井下其它信息(井口、紧急出口、备用巷道等)；
- (4) 井下作业区避灾路线信息等。

3. 监测监控信息

矿井监控监测信息是流式数据，主要有以下几种：

- (1) 井下作业区瓦斯浓度监测信息；
- (2) 井下作业区通风信息；
- (3) 井下作业区温度监测信息；
- (4) 井下作业区湿度监测信息；
- (5) 井下作业人员位置信息；
- (6) 井下作业区排水信息。

从上述信息看出，井下信息的种类多、数据量大、结构复杂。总的来说，这些信息可以分为管理信息和控制信息。其中，管理信息包括与生产相关的井下地图、生产状况、人员状况和设备状况等固定的数据集合；控制信息是与监控监测相关的动态、连续、快速的数据项序列。对各类信息的收集、处理就可以得到有关生产安全的信息。充分地利用这些信息资源，在平时可以实时掌握井下生产情况及安全状况，在遇到生产意外时，就可以为救援工作提供详实有效的决策数据，为有效组织与指挥救援工作提供支持。

对系统中的信息进行有效的管理，在研究与设计中必须考虑以下几个问题：

(1) 系统中涉及到多目标、多类型数据集成，如何将地质等环境信息、设备信息井下人员信息及生产现场信息集成，实现一体化管理，是系统要重点研究和解决的问题；

(2) 选择恰当的数据库，实现数值信息、数据流信息、多媒体信息与图形信息的集成是又一个要研究和解决的技术问题；

(3) 井下信息的种类多、数量大、结构复杂，建立一个适用的信息模型，提取出必需的、重要的信息，以简化系统设计，控制系统规模，提高系统的适用性是又一个技术问题；

(4) 设计一个适用于煤矿及各种井下生产企业的通用性系统，以获得更大市场和更大的社会效益和经济效益是设计中必须解决的。

本章以下的內容将针对数据管理的问题进行研究与分析。

3.2 数据流与数据流管理的研究

采矿企业的数据流信息由分散的传感器采集得到的, 这些分散的传感器节点能够实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息, 它们将捕获到的数据源的事件发送到查询处理中心进行处理, 数据源的数据随着事件的增长或事情的发生而不断产生, 最终表现为数据流的形式。各个分散的传感器节点组成了传感器网络, 此处的应用即为数据流在传感器网络方面的应用, 是典型的监控型应用。用户通过对传感器所采集的数据流信息的实时分析, 能够发现异常模式, 及时给出报警信号, 这是传感器网络的重要之所在。

这里通过对国外数据流与数据流管理系统原型的研究, 针对采矿企业监控监测的信息特点, 提出将数据流和数据流管理的相关技术, 应用于采矿企业的监控监测信息的管理。根据第 2 章中 DBMS 与 DSMS 的比较, 并以建立关系模式与流模式相统一数据模型的思想 and 通用的数据流管理系统模型为指导, 参照 GStream^[30]、Phosphor^[31] 和 ComStream^[32] 系统等通用数据流管理系统的设计, 给出了适合矿用信息监测的数据流模型、查询语言与数据流管理系统。

3.2.1 数据流定义

针对矿用平台的特点, 这里再给出一个对数据流的定义。首先需确定一个离散的有序的时间域 T , 用以表示元组到达的先后顺序, 该域中的任一元素 t 表示为一瞬时时刻^{[30][43]}。在矿用信息集成平台实际使用中用系统时钟或者实际时间代替。

定义 2.1 一个数据流 S 的模式就是 $\langle s, t \rangle$ 组成的二元组, 其中 s 是传统的关系模式, t 为时间戳且 $t \in T$ 。

定义 2.2 符合流模式的元组组成的多重集称为数据流, 简称流。

在数据流中, 元组个数可以是无限的, 但需要假定具有相同时间戳的元组个数是有限的, 不然模型无法计算。关系的许多操作在

只有数据流的情况下是根本无法实现的，特别是更新或删除操作。但是不管在何种应用中，总有那么一些数据是不变的或者至少在相当长的时间内是不会发生变化的，只有流数据则会使系统难以处理这些数据，因此，这里将关系看成一种特殊的流^[30]。

与传统关系相比，数据流管理系统中关系的每个元组多了一个时间戳，但是这样做，即可保证传统关系操作的实现，又能保证查询语言的简化。如此定义统一了关系和流，关系变成了一种特殊的流，无需关系和流之间的转换算子，简化了查询处理。

3.2.2 数据流窗口模型

在数据流上进行一些简单的查询操作，比如选择、投影等，显然是很容易的。但数据流系统中的查询类型主要为连续查询，连续查询注册到系统后，随着数据流新数据的到来而不断返回查询结果除非用户发出指令撤销该查询，否则连续查询将不断地执行。如果要求的是数据流的全部数据，考虑到数据流的无限性，显然是不可行的。解决的方法是用近似的一部分数据，特别是当前的一部分数据，来代替全部数据，采用滑动窗口技术，即在流上取出一部分数据用于运算^[30]。一般来说，只有最近一段时间内的数据才是最有价值的，也是人们最感兴趣的，滑动窗口的方法是符合人们的习惯的滑动窗口技术也是国外大多数原型系统或明显提出或隐含使用的技术。

滑动窗口连续查询是数据流上常用的一类连续查询^[43]。滑动窗口是指在数据流上设定的一个区间，该区间只包括数据流最近的部分数据。随着新数据的到来，窗口向前移动，用新数据替换旧数据滑动窗口可以分为顺序滑动窗口和时间滑动窗口两类^{[43][44]}。顺序滑动窗口内保存最近到来的N个元组，其大小固定。时间滑动窗口存储的是最近T时间内到达的元组，大小可变。滑动窗口连续查询只在数据流的滑动窗口内处理查询。根据平台需求，现给出滑动窗口的定义。

定义 2.3 设 S 表示流的名称, N 表示窗口元组周期的大小, t 表示窗口滑动速度, 则基于元组的窗口捕获了流上最近的 N 个元组作为输出, 称 $S[N, t]$ 为数据流 S 的一个元组个数为 N 的滑动窗口, 其中 t 可省略, 如省略 t 则窗口以元组个数滑动, 即如果窗口已满, 则按照先进先出的原则删除最先进入窗口的元组, 将后续到达的元组加入窗口。

定义 2.4 设 S 表示流的名称, T 表示窗口时间周期的大小, t 是一个变化的时刻, 表示窗口的滑动速度, 则基于时间的滑动窗口捕获了流上一段时间的元组作为输出, 称 $S[T, t]$ 为数据流 S 的一个时间间隔为 T 的滑动窗口, 其中 t 和 T 的单位相同。 t 可省略, 如果省略 t 则窗口按照系统自定义的单位时间滑动。显然, $S[T, t]$ 是随着 t 的变化而滑动, 故称其为基于时间的滑动窗口。

3.2.3 算子操作

SQL 语言已经在主流数据库中得到了广泛的应用, 因此在设计数据流持续查询语言时, 是以 SQL 为基础进行设计的。该语言应该能很好地支持数据流的一些特点, 尤其是数据流, 也能很好的支持关系(忽略了时间戳的流)的各种查询处理。在此数据流模型中, 关系模式与流模式是相统一的, 关系被看成一种特殊的流, 那么传统的关系操作也被移植到流上, 此外还包括数据流上特有的算子。这里主要对平台中用到的算子操作进行了研究^{[30] [31] [32] [43]}, 有以下三种:

(1) 转换算子操作 $T(s)$: 对于一个数据流 S , 其输入流为 $\langle s_1, t \rangle$, 其输出为 $\langle s, t \rangle$ 。这里 s 为输入数据流中 s_1 满足 T 操作的并(Union), t 为源数据流 s_1 的时间。该类算子的操作不改变数据流元组的时间戳。这类操作主要包含选择(Selection)操作与投影(Projection)等操作。

(2) 二元算子操作 $B(s_1, s_2)$: 如果输入数据流 $S_1: \langle s_1, t_1 \rangle, S_2: \langle s_2, t_2 \rangle$ 进行 B 操作, 其输出为 $\langle s, t \rangle$ 。这里 s 为输入流中 s_1, s_2 经过 B 操作后的并(Union), t 的确定要根据实际情况, 可以为空值, 也可以是 t_1

或 t_2 。这类操作主要包含并 (*Union*)、交 (*Intersection*)、笛卡儿积 (*Cartesian product*)、差 (*Set Difference*) 及连接 (*Join*) 等。

(3) 聚集算子操作 $A(s)$: 聚集操作是一个通过聚集函数定义的一元操作, 它把数据流按照条件进行分区, 然后在各分区上进行聚集操作, 然后将各分区结果进行并。

3.2.4 连续查询语言

根据数据模型, 并结合国外原型系统的经验, 根据需要给出改进的 SQL 语言来进行查询处理操作^{[42][45]}。

(1) DDL 语言

数据定义语言(Data Definition Language, 简称 DDL)。在前面数据模型中提到, 为了适应关系的使用习惯, 系统中创建关系同传统的 SQL 语句相似, 只是在系统具体实施的时候加上时间戳, 并默认归档存储^[33]。例如建立一个瓦斯传感器表 Sensor, 由传感器编号 Sid, 阈值 Threshold 构成, 数据流语言中表示为:

```
CREATE TABLE Sensor (Sid char (5), Threshold char (10))
```

用于注册数据流的命令简化的语法格式如下:

```
REGISTER STREAM <流名>(<时间戳名>TIMESTAMP,  
    <列名> <数据类型>[列级完整性约束]  
    [, <列名><数据类型> [列级完整性约束]]...)  
    [ARCHIEVE];
```

其中<流名>是所要定义的数据流名称, 它可以由一个或者多个属性(列)组成。ARCHIEVE 指定一个流为归档型数据流, 默认为非归档型的。

(2) DML 语言

数据操纵语言(Data Manipulation Language, 简称 DML)可以对关系进行操作, 如查询、插入、删除和修改等。可以使用类似于 SQL 中语句来定义在数据流上的连续查询, 连续查询简化的语法格式如下:

```

SELECT <目标列表表达式>[, <目标列表表达式>] ...
FROM <流名><窗口表达式>|<表名>[, <流名>
    <窗口表达式>|<表名>] ...
[WHERE <条件表达式>]
[GROUP BY <列名>[,<列名>] ... [HAVING <条件表达式>]]
[ORDER BY<列名>[,<列名>] ... [ASC|DESC]]
[ADHOC|CONTINUE];
    
```

通过窗口表达式的变换，加上时间间隔表达式和类型的控制，可以获得不同的结果。ADHOC 表示即席查询，也就是一次查询，默认是 CONTINUE，即连续查询。

下面是矿井信息集成平台中监控监测信息应用的一个例子。例如，在一个煤矿井下生产工作面，监测温度的传感器产生数据流A，监测瓦斯浓度的传感器产生数据流B。A数据流包括属性(location, time, temperature)，B数据流包括属性(location, time, strength)。数据流A和B不断地向监控中心发送监测数据。如果在过去的10分钟内，工作面某个监测点的温度达到了40摄氏度以上并且瓦斯的浓度大于0.06的情况连续出现5次，则需要启动瓦斯超标报警装置。瓦斯浓度突然超标严重则要同时启动井下风电闭锁装置，保证井下生产的安全。管理人员可以使用下面的查询找到瓦斯超标的区域：

```

SELECT location, COUNT(*)
FROM A[10 MINUTE], B[10 MINUTE]
WHERE A.location=B.location
    And A.temperature>=40 and B.strength>0.06
GROUP BY location
HAVING COUNT(*)>5
    
```

其中，A[10 MINUTE]和 B[10 MINUTE]分别为数据流 A 和 B 上时间长度为 10 分钟的时间滑动窗口。

3.2.5 数据流管理系统

参照一般数据流管理系统的模型^[30]，根据采矿企业对数据流操作的实际应用，设计了一个适合矿用信息监测的数据流管理子系统，其体系结构如图 3.1 所示。

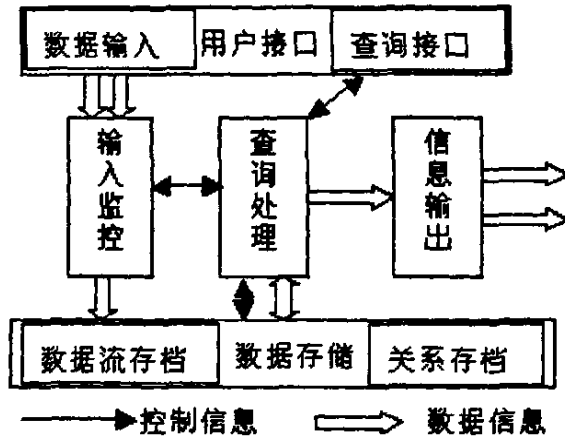


图 3.1 数据流管理子系统结构图

从图 3.1 中可以看出，数据流管理子系统的体系结构比较简单，将来将逐步添加这些功能。下面分别具体介绍各部分的功能。

1. 用户接口

用户接口的功能就是 DBMS 基本的数据定义功能和数据操纵功能，包括两个部分，数据输入接口和查询接口。输入接口负责数据的收集，包括流和关系。数据流的输入一般是通过监控程序获取的（例如，传感器网络，网络流量分析等）。查询接口接收用户的查询请求，输入到查询库中进行处理，查询的类型包括传统关系上的基本查询以及数据流上的连续查询和即席查询。

2. 输入监控

输入监控主要是对由传感器和探测器采集的信息进行收集及初步处理，对数据流的流量进行监控和调整；能够向变送器发出控制

命令来完成对设备的控制；根据要求完成向集成平台的信息传送，以满足系统处理能力的需要。数据流是一个实时的、连续的、潜在无界的、有序的数据项的序列。由于数据流速率的变化是无法预测的，某一时刻到达的数据量可能会超过系统的计算能力(根据 CPU 周期和主存的大小)，所以需要有一个输入监视器在需要的时候销毁一些元组。一般是采用取样的方法控制数据流的流量以适应系统的处理能力。

3. 查询处理

查询处理的主要功能就是处理查询接口提交的数据库的基本操作，输出结果到用户或缓冲区，提取有价值的结果存储到关系数据库中作为历史数据供统计分析与信息挖掘。包括传统关系上的查询、插入、删除和修改等，以及数据流上的连续查询和即席查询。

4. 存储区

存储区分为数据流存档和关系存储两部分。基于性能的考虑，系统是基于主存实现的。查询处理时，待处理的数据是在内存中的工作区。查询处理过程中，系统需要为当前查询分配临时工作区，用于缓存流入的数据，相当于查询窗口。因为近似结果的需要，还为工作区中的数据流设置了概要存储区，用来存储数据流的概要信息。磁盘存储区的数据流存档存储的是最近的数据流以及概要数据。元数据存储系统的元数据，相当于数据字典功能。传统的关系和元数据位于磁盘存储区。

3.3 空间数据管理的研究

本系统中涉及的空间数据主要是井下地图信息，主要有井下采区巷道的分布，井下地质、水文信息，井下设备、人员分布，井下避灾路线等等。如何对它们进行有效的管理，并与其它信息集成是本节研究的主要问题。首先研究空间数据管理的方法，通过比较各种方法的优缺点，提出采矿企业中空间数据的管理方法，并解决图形数据与属性数据的绑定。

1. 空间数据管理方法

空间数据组织管理主要是确定地理信息系统中的数据管理方法，GIS 中的数据管理方法随着 GIS 和数据库技术的发展不断发展而不断发展。目前主要有以下五种管理方法^[34]。

(1) 文件管理

文件管理是将 GIS 中所有的数据都存放在自行定义的空间数据结构及其操纵工具的一个或多个文件中，包括非结构化的空间数据、结构化的属性数据等。空间数据和属性数据两者之间通过标识码建立联系。此种方法的优点是结构灵活、操作简便、地图显示速度快。但此方法难以适应大批量的数据处理，要开发者自行设计和实现对属性数据的更新、查询、检索等操作，增加了属性数据管理的开发量，不利于数据共享。

(2) 文件结合关系型数据库管理

此种方式是目目前绝大多数商用 GIS 软件所采用的数据管理方案，已经得到广泛的应用。使用商用 DBMS 管理属性数据，用文件系统管理空间数据，空间实体位置与其属性通过标识码建立联系。这种方法的优点是可以充分利用关系型数据库管理系统提供的强大的属性数据管理功能，涉及空间数据的管理和操纵由 GIS 软件来实现，可以充分发挥 GIS 软件的空间数据管理与分析功能，无论效率和存储都得到了一定程度的折衷，是一直比较流行的方式。

(3) 全关系型数据库管理

随着大型关系数据库的发展，利用大型关系数据库去管理海量的 GIS 数据成为可能。在此种管理方式中，使用统一的关系型数据库管理空间数据和属性数据，空间数据以二进制数据块的形式存储在关系型数据库中，形成全关系型的空间数据库^[35]。GIS 应用程序通过空间数据访问接口访问空间数据库中的空间数据，通过标准的数据库访问接口访问属性数据。采用全关系型数据库管理 GIS 数据的优点是一个地物对应于数据库中的一条记录，避免了对“连接关系”的查找，使得属性数据检索速度加快，并且支持多用户的并发访问、安全性控制和一致性检查。但是由于空间数据的不定长，会

造成存储效率低下，此外，现有的 SQL 并不支持空间数据检索，需要软件厂商自行开发空间数据访问接口。如果要支持空间数据共享，则要对 SQL 进行扩展。

(4) 采用面向对象数据库管理

为了克服关系型数据库管理空间数据的局限性，提出了面向对象数据模型，并依此建立了面向对象数据库^[36]。应用面向对象数据库管理 GIS 空间数据，可以通过在面向对象数据库中增加处理和管理空间数据功能的数据类型以支持空间数据。此方法有一些突出的优点：类的概念把某一组对象所共有的特征集中起来，以说明该组对象的性质和具有的功能，语义表达能力强于关系数据库；可以管理对象的行为，具有关系数据库管理数据内在动态联系的能力；具有表达知识和演绎、推理的能力；用户可以定义新的数据类型；不存在语言失配问题等。同时也失去了传统数据库的一些优点：如数据的集成及数据控制的一致性，它对数据的管理也更为复杂。目前对象数据库管理系统远未成熟，许多技术问题仍需要进一步的研究。

(5) 对象关系型数据库管理

此方法是在关系数据库和对象数据库之间的折衷产生的，具体实现主要有两种方法，一是扩展关系数据库的数据类型，使其能够支持对复杂类型数据的处理；二是扩展面向对象的语言使其支持对关系数据库的处理。两种方法实现的数据库不能识别非格式化数据的内容，不能做到对部分内容片段的查询，在数据库中只能对全部内容进行存取，所以，对其中的非格式内容的处理需要靠外挂的大量程序实现。

2. 矿用信息集成平台空间数据的管理

通过比较分析以上几种空间数据管理方法，针对采矿企业实际需求情况，以及经济耐用的系统设计原则，本系统对空间数据的管理采用文件结合关系型数据管理方式，即以关系数据库(如 Oracle, SQL Server 等)存储属性数据，而用 GIS 软件(MapInfo, Arc/Info 等)将图形数据存储于图形文件中，通过建立索引将属性数据与图形联系起来。

本系统分别采用 MapX 与 SQL Server 关系数据库来进行存储空间数据与属性信息。对于与地理信息有关的数据,可用 MapX 提供的图形文件储存,这样便于地理信息与地图对象紧密地结合起来。对于与地理信息无关的数据,采用 SQL Server 来储存,这样便于数据的共享使用和维护。此时,两者之间可用数据库中各表的主键字段建立连接。在对空间数据的实际管理中,数据库储存和管理图层信息,地图信息在数据库中是不存在的,并且组成地图的各个图层的的信息可能分别处于不同的数据表中。

系统对数据的管理采用混合管理模式,即由文件系统来管理空间数据,所以在系统运行过程中,不得不借助于临时图层(来临时储存相应的空间信息,以备交互图层操作之用。虽然这种处理方式存在数据冗余、检索能力差等缺点,但其优势也是极明显的:

(1) 空间信息储存在数据库中,如果图层不存在,系统可随时自动从数据库中读取相应空间信息加以重建;

(2) 这种管理模式也有利于远程数据的传送和访问,有效地保证各地区之间的信息交换;

(3) 其结构简单,表达能力强大,可以很方便地表示复杂结构,适用于小型的空间数据库;

(4) 这种混合管理模式对空间信息的存储是透明的,具有平台无关性,只要选定的平台能提供创建点、线、面对象的功能和相关的图形操作功能,通过二次开发,就能操作其图形信息,因此有利于地理信息系统的开发。

3. 数据绑定

将空间图形数据与关系型数据库关联是当前数据库和地理信息系统领域研究的热点和前沿,也是矿用信息集成平台必须处理的事情。

由于 MapX 系统中的空间数据和属性数据及其之间的关系是同步生成的,如何向具有空间对应关系的属性数据中添加新的属性数据并迅速建立其空间关系成为集成平台实现的技术难点之一。解决此问题的关键是属性数据与空间数据间的数据融合,即利用某种对

应的关系或者映射方法建立属性数据与空间数据之间关联，实现基于特定的井下采区地图和各种专题图的建立，这一过程可以借助 MapX 中的数据绑定功能来实现^[46]。

使用 DataSets.Add 方法，可以将来自数据源的数据绑定到 MapX，使外部数据源和地图建立联系。可以绑定的数据源有 ADO、DAO、ODBC、OLE 等多种外部数据。语法如下：

```
DataSets.Add Type, SourceData, [name], [Geofield],
             [SecondaryGeofield], [BindLayer], [Fields], [Dynamic]
```

Type 参数：此参数用来说明所添加数据集的类型。它获取 DataSetTypeConstants 的值。

SourceData 参数：该参数用来引用数据，随 Dataset 类型的不同而不同。

Name 参数：该参数为唯一标识数据集的字符串。属于可选参数，如果不指定，则缺省名为 DataSet N，其中“N”为 Datasets 集合中的数字。

Geofield 参数：该参数是数据源中包含地理信息的列名或索引。

Secondary Geofield 参数：此参数只有当绑定数据集的图层存在不唯一关键列时才需要。

BindLayer 参数：如果正在绑定属性数据，则此参数指定和数据连接的地图图层，或者，若引入的数据被地理引用到点引用文件中或包含经/纬度值，则指定一个 BindLayerObject。这是可选参数，如果没有指定，则 MapX 会搜索 GeoDictionary 中的图层去连接。如果已知要绑定的地图图层，基于性能的原因，应当指定它。匹配 BindLayer 时，Geofields 必须唯一。否则只匹配不唯一设置的数据中的第一项，其余的则被忽略。

Fields 参数：该参数是 Field 对象集合中的 Fields 对象。Field 对象用来描述导入数据源的字段，以及当匹配特定地图图元的数据源记录多于一个时，使用的聚合函数。这将建立要绑定到地图的字段集合。它是可选参数，如果没有指定，则导入所有列，并且如果每个图元有多个记录，则对数据值求和。

Dynamic 参数：该参数的值为布尔型，控制数据绑定是否是动态的。只在需要数据实时访问数据时为 TRUE。

3.4 多媒体数据管理的研究

为使系统更为生动形象，开发便捷，本系统引入多媒体技术。本节主要研究多媒体数据的采集，存储管理，多媒体与空间数据的集成，及多媒体编程技术等。

1. 多媒体数据采集

多媒体数据的采集是建立多媒体数据库的基础，多媒体数据采集的方式有以下几种^[23]：

(1) 文字录入。主要包括矿区介绍、安全生产政策法规、操作规范等，可以直接在文本编辑器上输入；对于使用常规字体印刷质量好的原稿，采用扫描输入。

(2) 图像。一种是和矿井信息有关的各种栅格图片，包括井下设备图片等；另外一种各种图件，包括各种主题的专题地图。主要通过扫描仪输入，然后在图像处理软件上完成显示范围、颜色、对比度、亮度等图像编辑工作，再压缩成标准文件格式。根据煤矿行业标准，将煤矿企业中的传感器、采煤机、液压支柱等按照标准符号做成图片库，需要的时候只需在图片库中选择合适的图片即可，不需重复操作。

(3) 音频。主要包括各种安全报警和背景音乐等，可以利用麦克风输入或使用录音带或 CD 唱片进行转录，保存为 WAV 文件格式。先将矿井企业共性的安全警告做成音频文件，形成音频库。在特定行业或采矿单位实施应用实例的时，可以随时增加该单位的基本信息到音频库中。例如，瓦斯报警的音频 ch.WAV 可以作为共性的音频存在音频库中，在某煤矿实施本系统时，将该矿的巷道、设备等信息做成与内容同名的音频文件添加到音频库中。当皮带道三巷道发生瓦斯超标预警时就可以调用皮带道三巷道.WAV 和 ch.WAV 进行准确位置的预警。

(4) 视频。收集有关矿井企业录像、VCD、DVD，也可以用摄像机、数字化相机、视频卡采集，编辑成标准的 AVI 格式。

多媒体数据库的建立如图 3.2 所示。

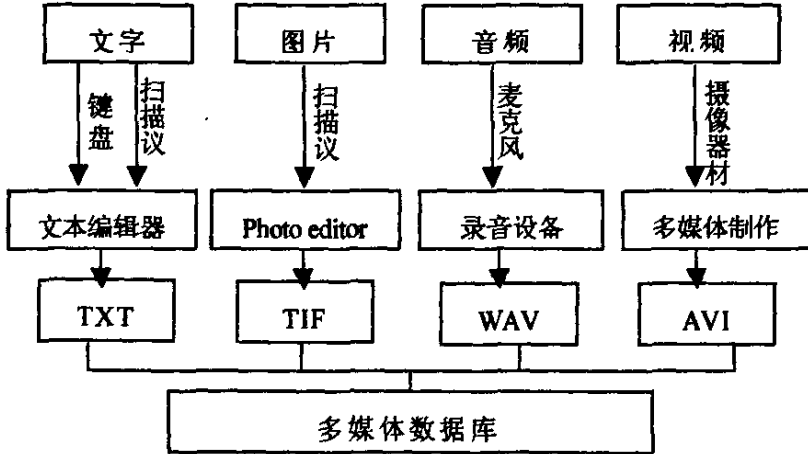


图 3.2 多媒体数据库的建立过程

2. 多媒体存入数据库

目前，多媒体信息存入数据库主要有两种方法：第一种是基于文件的多媒体数据库，另一种是基于 BLOB 的多媒体数据库[37]。基于文件的多媒体数据库并不是把实际的多媒体信息存在数据库中，而是将包含多媒体信息的文件位置与名称存在数据库中，如表 3.1 所示。这样，可以消除应用程序在需要使用多种不同类型数据库时存在的不兼容问题。因为在这种情况下，数据库仅需要支持的文本域类型。

BLOB 或称之为二进制对象(Binary Large Objects)是一种数据库技术。通过此技术，多媒体信息是实实在在地存放在数据库的一个域中，而不是存放在一个文件中。VB 采用的 JET 引擎支持两种类型的 BLOB 域：Memo 域和 OLE 域。Memo 域主要用于大文件对象，OLE 域一般用于大二进制对象，如图像或声音，其中的每个记录最多可以包含 1.2G 的信息。当包含 BLOB 域的记录被检索时，其信息

将抽取出来并且像其他非多媒体信息一样进行显示。

表 3.1 基于文件的多媒体数据存储

域名	类型	长度	说明
CAI Id	长整型	4 字节	多媒体对象编码
Title	文本	50 字节	多媒体对象名称
Type	长整型	1 字节	多媒体对象类型，以数据常量表示
Location	文本	255 字节	多媒体文件存放位置
Mine Id	长整型	4 字节	煤矿资源编码
Description	备注	可变	对媒体对象文本描述

一般情况下，基于文件的多媒体数据库的创建比基于 BLOB 的多媒体数据库更容易^[38]。并且由于开发者只需要处理文本信息，因此创建和使用这类数据库的代码也比较容易。使用基于文件的多媒体数据库的最大好处是，由于多媒体信息存放在外部文件中，外部应用程序可以访问和使用这些多媒体信息。不过这一点使得数据库的管理非常困难，因为这些文件可以在数据库应用程序之外被删除、修改或改名。

3. 多媒体信息融入 GIS 库的数据组织

目前，几乎所有成熟 GIS 软件的数据模型都是面向图形和属性数据的，而未将多媒体数据作为 GIS 空间数据模型的一部分。要实现地理信息与多媒体信息的交互查询，可以建立包含多媒体信息的关系数据库^[39]。多媒体数据是一种特殊的专题性数据，怎样将其与 GIS 属性库和空间图形库建立有效联系是多媒体技术在 GIS 中应用的关键所在。鉴于矿用信息集成平台中多媒体数据主要用于播放，要求多媒体数据与 GIS 库关联，而不要求多媒体数据在 GIS 库中直接存储管理和相关操作处理。因此，本文采用 GIS 和多媒体数据结合的数据模型，避开空间数据库中多媒体数据管理这一难点，以属性数据库为核心，将多媒体数据文件信息关联到以关系模型为基础

的属性库中，以属性库为桥梁，实现多媒体数据与空间图形库的关联^[23]。该模式的前提是对关系数据库进行扩充，使它不仅能处理格式化数据也能处理非格式化数据。在现有的数据表中加入多媒体索引项，创建多媒体数据表和空间数据表，供系统调用及访问，但不改变数据库内核。多媒体文件和图形数据均通过关系数据表中的关键字段进行关联，实现查询的基本概念，如图 3.3 所示。

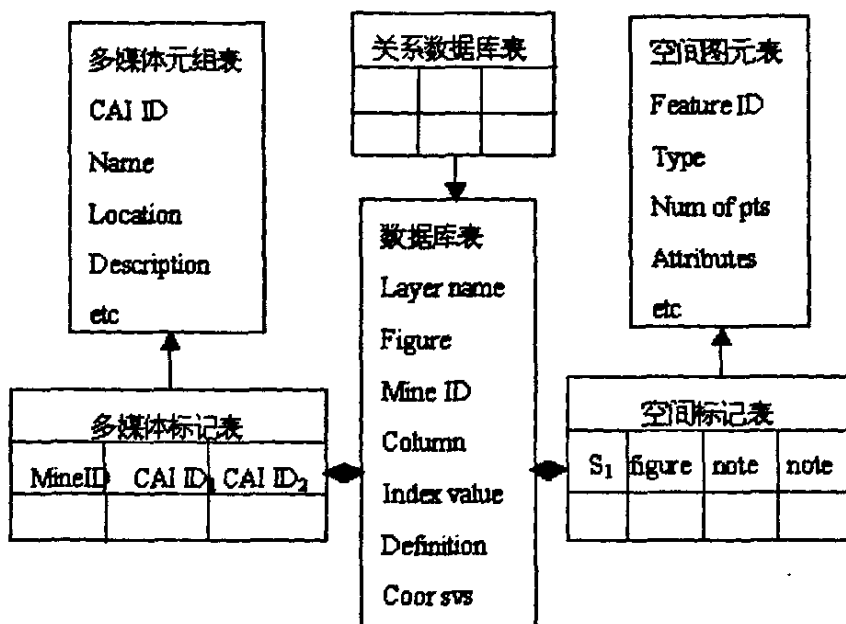


图 3.3 多媒体信息融入 GIS 库的数据组织

在图 3.3 中，图层表将区域内的地理数据分成不同的专题层，每个专题层的具体数据可以存放在不同的表中，图层表记录了区域内空间数据的基本状况，并对其他表进行管理；多媒体标记表将图层表的 Mine Id 字段作为关键字段，CAI ID1 和 CAI ID2 属性项，分别用于存放煤矿资源 Mine Id 多媒体数据的起始点和终结点的编码 CAI ID 值。多媒体标记表并不存放具体的多媒体数据，多媒体数据存放在多媒体元组表中，二者通过数据字段 CAI ID 进行关联；空间标记表加入了图形数据项的空间标记表，每一条记录对应一个图元，通

过 figure 字段与图层表和记录空间数据表的空间图元表相关联。

4. 多媒体程序开发

使用 VB.NET 应用软件实现 Windows 环境下多媒体信息的播放与控制, 主要有以下四种途径^[40]:

(1) 自行编写程序代码

VB.NET 提供的 Picture Box、Image、Command Button 等控件包括 Form 窗体都支持图像的装载, 支持.bmp, .jpg, .gif, .icon 等多种图像格式。在 VB.NET 中实现动画设计的常用方法有两种[41]: ①通过循环语句来实现。循环语句的特点是反复自动执行某些操作, 把实现设计好的一些动作放到循环语句的循环体中就可以自动反复执行这些操作达到动画的效果。②通过计时器控件控制图像交替来实现。在 VB.NET 的工具箱中有一个计时器控件(Timer1), 当它的 interval 属性值为非零时, 就会不断地激发其 Timer 事件。把要完成的某些操作放到此事件过程中就可以连续执行, 从而实现动画效果。

(2) 对象连接和嵌入技术

对象连接和嵌入(OLE-Object Linking and Embedding)技术是在 VB.NET 界面中直接引用第三方厂商的多媒体播放软件和多媒体素材。嵌入和连接就是实现这种机制的两种方法。嵌入是在一个容器应用程序中插入一个被嵌入的对象, 这时嵌入对象的源数据就成为包含着它们的 OLE 容器的一部分。连接仅仅在容器和被引用的对象之间建立, 被连接的对象并不包含在容器中。连接并不在容器和被引用的对象之间建立, 被连接的对象并不包含在容器中。连接并不会使容器增大多少, 但访问连接对象时会有频繁的 I/O 操作。

(3) VB.NET 或第三方提供多媒体控件

VB.NET 或第三方提供的多媒体控件有多种, 经常使用的有几个。

① MCI 控件。典型的 VB 多媒体控件是 Multimedia MCI 控件, 它是构成 Windows 多媒体的重要组成部分, 是 Windows 环境下一种高级控制软件。MCI 向调用它的引用程序提供了对多媒体设备和多媒体文件设备无关的接口。MCI 对各类多媒体设备提供了一致的指

令形式。MCI 原本是为 C 和 C++编写的，VB 本身并不能提供直接的调用 MCI 指令的函数，但可以通过访问他的 MCI 控件和 Windows API 函数来访问 MCI。

② Shockwave Flash 控件。Shockwave Flash 控件是 Macromedia 公司提供的的一个 ActiveX 控件，JavaScript 脚本或支持 ActiveX 的编程语言都可以通过 Shockwave Flash 控件与 Flash 动画进行交互控制。

③ MediaPlayer 控件。MediaPlayer 控件具有较强的多媒体播放功能，可以播放多种格式的文件，其操作类似与 Windows 操作系统中的 Windows Media Payer。MediaPlayer 控件所使用的文件是 msdxm.ocx，在组件对话框中选择 Windows Media Payer，然后单击“确定”按钮，就可将该控件添加到工具箱中。

(4) Windows 多媒体 API 函数

在 VB.NET 应用程序中，可以向调用普通函数一样调用 API 中的函数，实现所需要的操作。API 所在的函数库称为动态链接库 (Dynamic Link Library, DLL)。在 VB.NET 中使用动态链接库是扩展其功能、充分发挥 Windows 操作系统性能的重要手段[42]。用户可以通过它们使用和管理 Windows 系统环境及硬件设备。

① VB.NET 中 API 函数声明。为了调用 API 函数，必须先对要调用的函数加以声明，才能把它作为 VB.NET 自己的函数来使用。因为 API 函数存在于 VB.NET 应用程序之外的 DLL 文件中，在使用时必须指明 DLL 文件的位置以及相应的调用参数。在 VB.NET 应用程序中，要调用的 API 函数只需声明一次，以后即可在程序的任何地方调用。API 函数的声明过程通过 Declare 语句来实现。当要调用的 API 函数有返回值时，在 VB.NET 中作为 Function 声明；没有返回值时，则作为 Sub 声明。

② 多媒体 API 函数。在 Windows 的 SYSTEM 目录下的 MMSYSTEM.DLL 或 WINMM.DLL 提供了约 100 多个具有多媒体处理功能的 API 函数，这些函数大多为低级的程序接口。

通过对数据流与数据流管理系统的研究，给出了数据流模型，查询语言和数据流管理的结构。由于采矿企业中监控监测信息中不

仅包含数据流信息还有控制命令等关系元组，为了方便管理将数据流与关系元组相结合，适合采矿企业监控监测信息的处理。通过对空间数据与空间数据管理方法的研究，采用 MapInfo 存储图形数据，关系数据库存储属性数据，并给出图形数据与属性数据的绑定方法。这种图属结合的空间数据管理方法也是当前管理采矿企业中地理信息的较为方便、有效的方法。将多媒体技术纳入信息集成平台，对多媒体数据的采集，存储管理，编程技术进行了研究，提出多媒体技术与空间数据库集成的方案，使集成平台显示更生动、形象，系统设计更简单，用户使用更方便。

3.5 本章小结

本章分析了矿用信息集成平台的系统环境与数据类型，并在此基础上重点对各类数据的管理进行了研究与分析。通过对数据流与数据流管理的研究，提出数据流模型与数据流查询语言，并设计了适用采矿企业的数据流管理系统的结构。通过对空间数据与空间数据管理的分析与研究，提出了矿用信息集成平台中空间数据的管理方法，并给出了图形数据与属性数据的绑定方法。对多媒体相关技术进行了研究，并提出了矿用信息集成平台中多媒体管理的方案。最后，对本章中数据管理理论与技术的研究进行了总结与评价，这些理论与技术将为矿用信息集成平台的设计与实现提供理论与技术支持。

第 4 章 矿用信息集成平台的设计与实现

本章将论述矿用信息集成平台的设计与实现。在第 3 章技术研究的基础上,建立矿用信息集成平台的体系结构,功能设计,并给出各功能模块的设计与实现。利用 .NET Framework 开发平台和 MapInfo/MapX 开发工具以及各种多媒体制作工具,能够高效率的进行矿用信息集成平台中各功能模块的开发。

4.1 开发工具简介

矿用信息集成平台的实现采用的开发工具有 MapInfo、MapX、.NET 等。

1. .NET Framework

.NET Framework 是一个开发平台,目的是使创建大量应用程序的工作相对简单。它的最主要的相关工具 Visual Studio.NET 是一个集成开发环境(IDE),它在单一 IDE 中保留了全部 .NET 语言。自动代码完成和允许程序代码段折叠的编辑器是编辑程序代码更方便。利用 Visual Basic.NET,后台编译可以表现为即时编译。.NET Framework 基本上是由三个独立的部分构成。

(1) 应用开发工具,包括 ASP.NET、Web 服务以及 Windows Forms。其中,Windows Forms 为建立传统外观的 GUI 应用提供了必要的窗体控件。与 ActiveX 控件不同的是,它们会由公共语言运行时环境(CLR)管理,而不会请求 COM+ 服务。而且还可以为 Web 应用建立 GUI 界面。

(2) 基本类库,它是一组可以用于应用开发的全面的面向对象的类。例如,① System.Collections——这些类可以用于处理集合和列表。② System.Threading——这些类可以用来辅助编写多线程应用。③ System.IO——这些类可以用来处理文件和其它流类型。④

System.Security——这些类可以用于许可和认证服务。

(3) 公共语言运行时环境(CLR)，它是.NET Framework 的核心部分，负责管理运行环境中的代码。CLR 负责提供.NET Framework 的核心服务，例如内存管理、线程管理以及远程调用。而且，它还会在代码执行期间负责施加安全措施，并监控代码的准确性。

ADO.NET 是重要的应用程序级别的接口，用于在 Microsoft .NET 平台中提供数据访问服务。ADO.NET 减少了与数据库的活动连接数目(即减少了多个用户争用数据库服务器上的有限资源的可能性)，从而实现了最大程度的数据共享。ADO.NET 扩展丰富，并且支持结合松散的数据访问需求、多层 Web 应用程序及 Web 服务。通常，它利用许多扩展丰富的对象模型，ADO.NET 提供了多种方法用于解决一个特定问题。使用 ADO.NET，可以开发健壮的、可扩大展的、可以使用 XML 的应用程序。

2. MapInfo 与 MapX

MapInfo 采用双数据库存储模式，即其空间数据与属性数据是分开来存储的。属性数据存储于关系数据库的若干属性表中，而空间数据则以 MapInfo 的自定义格式保存于若干文件中，二者通过一定的索引机制联系起来。为了提高查询和处理效率，MapInfo 采用层次结构对空间数据进行组织，即根据不同的专题将地图分层（图层还可以分成若干图幅），每个图层存储为若干个基本文件。

MapX 是 MapInfo 公司向用户提供的具有强大地图分析功能的 32 位 OCX 控件。编程人员在开发过程中可以选用自己最熟悉的可视化开发环境，轻松地将地图功能嵌入到应用中，并且可以脱离 MapInfo 的软件平台运行。同时，MapX 采用基于 MapInfo Professional 的相同地图化技术，可以实现 MapInfo Professional 具有绝大部分地图编辑和空间分析功能；MapX 提供了各种工具、属性和方法，非常容易实现这些功能，因此近年来得到了迅猛发展。

4.2 设计原则

分析系统的需求归纳出该系统急需解决的问题有以下几点：

(1) 传输的信息量大，信息的实效性差。煤矿的瓦斯事故预防需要大量的井下设备状态信息和巷道的瓦斯含量等信息。这些信息的产生、收集、处理、存储和分析大都停留在手工操作方式，这就给信息的及时、准确的收集带来了一定的影响。

(2) 矿井地图信息不准确，需要再次加工。现在多数煤矿企业生产所使用的作业面信息图，包括井下巷道分布图、通风排水图、地质水文图等仍为手工绘制的纸质蓝图，某些数字化水平较高的企业采用 AutoCAD 绘图软件绘制电子地图。这些地图不能直接为 GIS 系统所用，必须经过重新绘制或进一步的转换加工。

(3) 功能模块的合理划分。现有的煤矿安全和防治系统大多由多家公司开发。在系统设计时，由于缺少必要的协调，造成功能模块划分不合理性，容易造成功能的重复，或者某些功能模块的遗漏。

(4) 系统成本控制有待加强。现有的煤矿安全和防治系统大都是软硬分离，一个企业有几个不相兼容的系统同时在运行，形成信息化孤岛，系统成本高昂。

根据以上的分析，矿用信息集成平台的设计要以解决上述问题为基本出发点，以数据流管理为重点，使矿用信息集成平台成为一个从实际出发，有针对性的，能满足煤矿实际生产的有效系统。因此，矿用信息集成平台的总体设计原则为：

(1) 信息集成与整体优化原则。矿用信息集成平台设计时应使各功能模块有机集成，避免功能模块的重复和遗漏，使信息和管理实现集成，以有效利用信息。

(2) 系统高可靠性原则。矿用信息集成平台要求运行稳定高可靠性，避免系统故障，尽量保证矿业生产的安全，避免出现生产事故。

(3) 系统功能的实用性原则。系统设计的原则是，提高煤矿企业的数字化管理水平，提高事故的防治能力，降低成品的成本。

(4) 系统响应实时性。煤矿等矿业生产发生事故极其突然，要求系统尽量实时反映现实状况，保证信息的高有效性，保证事故的及时预防及抢救，减少人员伤亡和经济损失。

(5) 可视化设计原则。矿用信息集成平台应具有可视化人机界面，操作方便，能真实地反映井下作业、人员、设备状况，较形象地再现井下工作面。

(6) 灵活性原则。矿用信息集成平台具有一定的通用性，在设计其功能与结构时，应考虑模块间的灵活性。根据具体实例的应用，适当的增减模块以满足用户的需求。

(7) 开放性原则。矿用信息集成平台应具有良好的对外接口，方便与其它系统集成，提高企业管理的信息化和信息的连通性。

4.3 矿用信息集成平台体系结构

矿用信息集成平台采用客户端/服务器结构(Client/Server)和浏览器/服务器(Browser/Server)结构相结合的模式。将需要用 WEB 处理的，满足远程访问者和矿业管理部门请求的功能界面(如瓦斯浓度信息查询)采用 B/S 结构，具有瘦客户端的优点。煤矿使用人员使用的功能应用(如数据库管理维护)采用 C/S 结构，在客户端可以构造复杂的应用，界面友好灵活，易于操作，解决许多 B/S 存在的固有的缺点。

系统的用户为煤矿的调度人员和各部门主管领导，而井下的工人和设备等则作为系统的管理对象。根据用户需求，系统除了具备管理信息系统应有的功能、具备对地图的各种操作功能外，还应具有对监控信息的管理功能以及对简单的多媒体播放功能。每种数据都有不同的特点，针对不同的数据需要采用不同的管理方法。因此，系统由信息管理、图形操作、数据流管理和多媒体管理四个子系统组成，如图 4.1 所示。这里将使用 UML 对四个子系统进行建模。

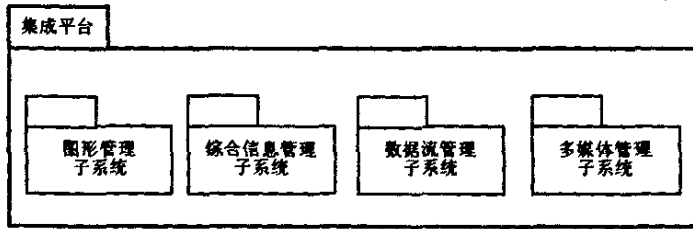


图 4.1 矿用信息集成平台的系统包图

用户通过人机界面与矿用信息集成平台进行交互，进行地图浏览、编辑操作，数据管理等操作。矿用信息集成平台的体系结构如图 4.2 所示。

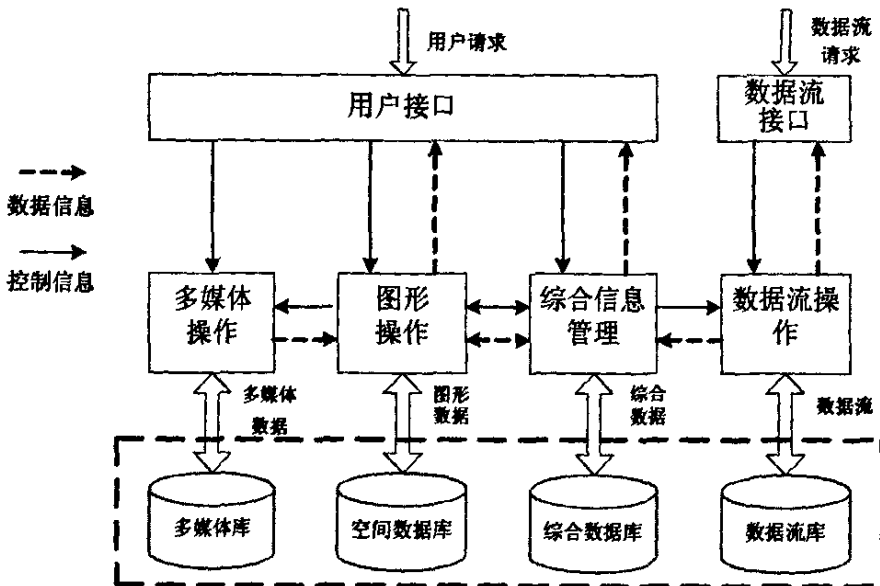


图 4.2 矿用信息集成平台体系结构

在图 4.2 中，矿用信息集成平台中的数据库是空间数据库、关系数据库、数据流库和多媒体库等多种数据库的集成。根据第 3 章中对数据流与数据流管理，空间数据与空间数据库，多媒体数据等相

关数据管理的研究，针对矿井企业的各种不同的数据特点，为了方便管理与有效的集成，采用数据流管理系统管理监测监控数据，空间数据库管理空间数据，多媒体数据库管理多媒体数据，最后由关系数据库来管理综合数据。即以关系数据库为主，空间数据库、多媒体数据库、数据流管理为辅的多种数据管理相结合。各种数据库之间的集成方案在第 3 章中已经做了详细的研究与分析，此处不再展开论述。数据库结构如图 4.3 所示。

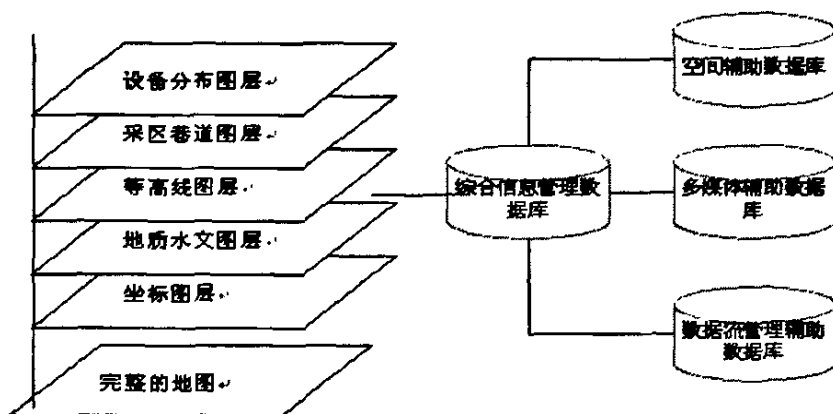


图 4.3 数据库结构图

4.4 矿用信息集成平台功能设计与实现

矿用信息集成平台接收由井下瓦斯、温度、湿度、甲烷等多种传感器采集到的实时监测数据流信号并进行处理；管理人员、设备、生产作业信息；提供井下地图浏览、查询、编辑等操作；为上级部门传送信息等。集成平台基于 GIS 平台、数据流与数据库，是监测监控系统、GIS 系统与管理系统集成，从而形成的一个井下综合信息系统。本节将 4.3 节给出的矿用信息集成平台的系统包图中的图形管理子系统、综合信息管理子系统、数据流管理子系统与多媒体管理子系统四个子系统的功能进一步细化，给出矿用信息集成平台功能设计的功能框架，如图 4.4 所示。

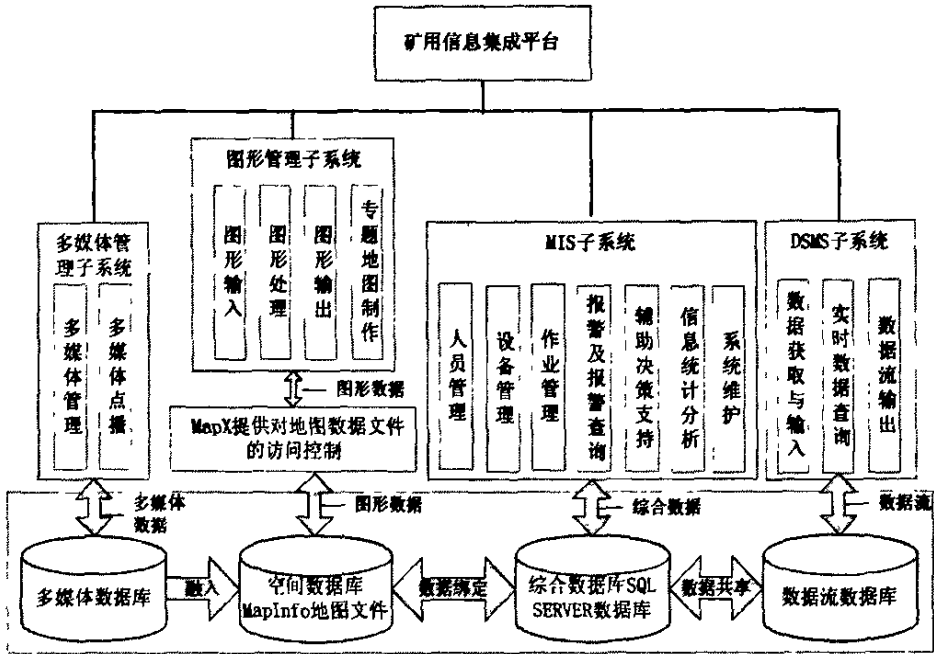


图 4.4 矿用信息集成平台的总体功能框架

图 4.4 显示，矿用信息集成平台以空间数据库、关系数据库、数据流库和多媒体数据库相集成的数据库为基础，四个功能模块通过数据共享相互联系。下面将对每个子系统的进行设计与实现。

4.4.1 数据流管理子系统

数据流管理子系统主要用来负责矿井井下监控数据流信息的管理和人员升下井信息管理等功能，本节从用例的抽取描述数据流管理子系统。图 4.5 给出了数据流管理子系统的用例图。

数据流管理子系统将井下环境状态数据流信息传入系统，包括瓦斯浓度、粉尘浓度、温湿度、设备状态等，触发监测信息管理模块；监测信息管理负责处理井下传入的数据并输出到综合信息管理子系统中供统计分析。人员升、下井管理是对考勤机传入的考勤信

息进行处理。

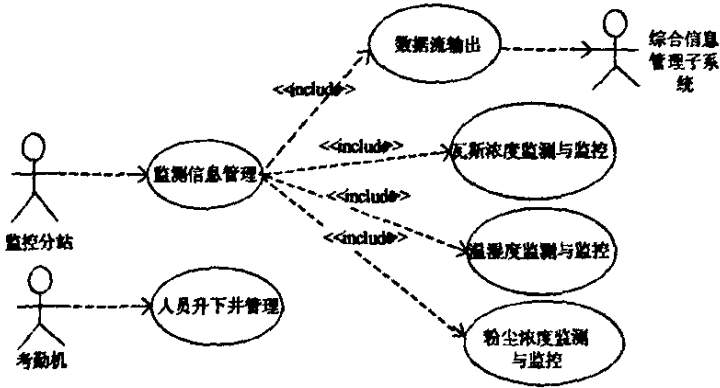


图 4.5 数据流管理子系统用例图

数据流管理子系统首先通过输入监控软件将各种数据源信息输入，再进行分类处理。输入监控软件不停的监测有无传输信号，根据信号量的不同进行发送或接收处理。这里的发送信号量一般为对设备的控制命令，接收信号为监测信息。不仅可以了接收数据，还可以统计通信、报警、供电、断电和复电状态以及机电设备开停和运行状态。处理流程如图 4.6 所示。

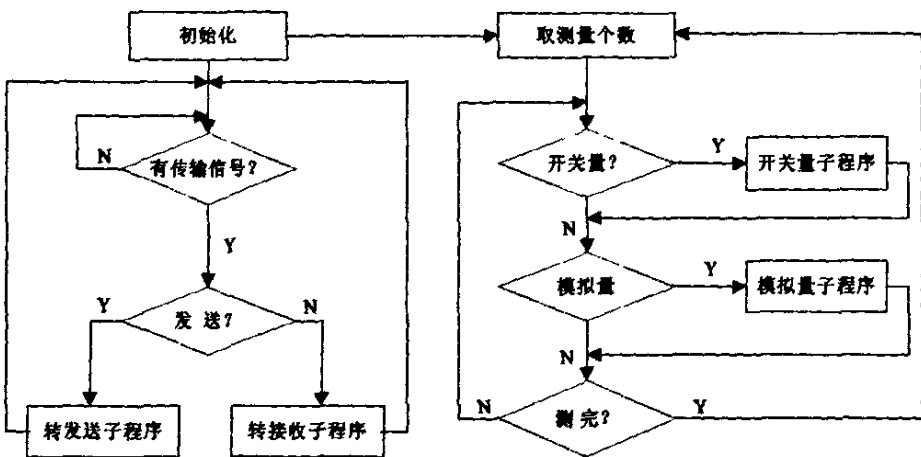


图 4.6 信息输入处理流程

信息输入后进行解析、查询输出，监测有无超标情况并将查询输出的结果进行 stream-to-relation 转换，读入数据集中制作专题地图显示环境信息状态。若某一项环境监测信息超标则启动相应的超标报警，并加大采集频率直到超标情况得到缓解；无超标则按一定频率采集数据，定时刷新窗体和图形显示更新信息，并定时将历史数据存入关系数据库中。下面以瓦斯浓度监测与监控为例展开说明。

用例描述

前置条件：检测传入数据类型为甲烷。

用例触发器：处理缓冲区数据用例结束。

用例会话：处理瓦斯数据。

用例的活动图如图 4.7 所示。

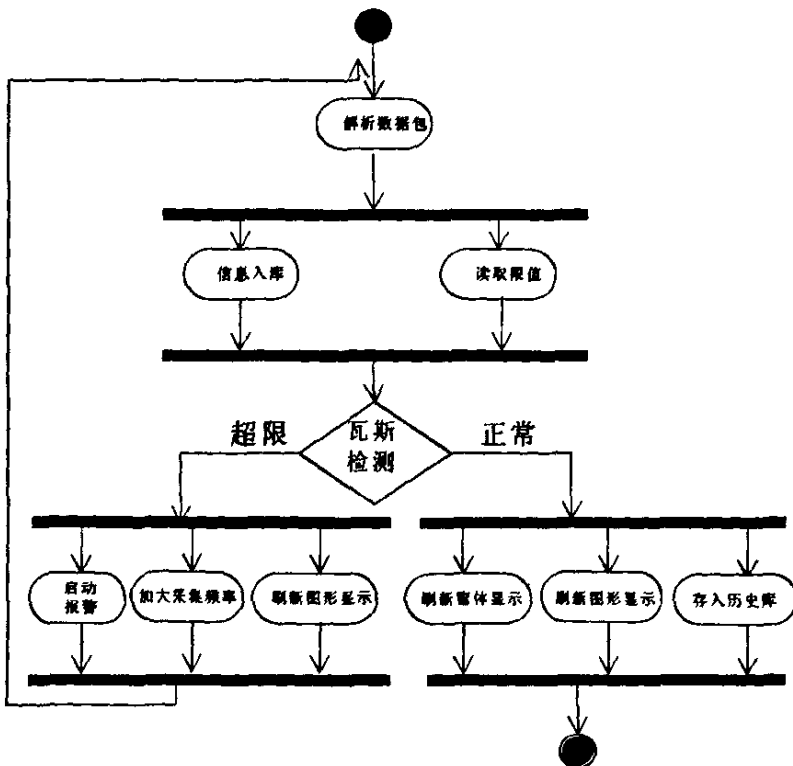


图 4.7 处理瓦斯数据用例的活动图

跟踪用例流程，该用例脚本分两种。如检测瓦斯浓度值大于设定的安全限值，系统启动声光电等多媒体报警，刷新图形显示，并加大采集频率，然后返回等待下一次用例的启动。如果正常，则在统计表格中显示瓦斯信息，并制作瓦斯浓度动态专题图以图形方式显示瓦斯浓度动态变化。瓦斯超限时跟踪的成功脚本逻辑路径如下。跟踪用例，此流程包含 5 个活动。

(1) 接收数据。该活动为用例的启动，当判定为甲烷，则启动该用例。

(2) 解析数据。该活动对接收的数据流按约定的数据格式解析，获取系统所需信息，包括瓦斯传感器 ID 号、瓦斯浓度值。

(3) 数据存储。该活动将瓦斯信息存入数据库；同时读取对应瓦斯传感器区域的瓦斯超标限值。

(4) 检测状态。该活动比较实际瓦斯浓度值与限值的关系。

(5) 信息显示。该活动包括报警和瓦斯信息的显示。

① 将传入的实时瓦斯浓度信息加入窗体显示队列，刷新实时瓦斯显示窗口。② 在实时瓦斯图形显示窗口上，重新制作专题地图，刷新对应得瓦斯标记。③ 报警持续，直到瓦斯浓度正常。

瓦斯处理用例的处理顺序图如图 4.8 所示。该用例包括 ParseData, Storage, ReadGate, refreshp, refreshw, Alarm 等 6 个类。ParseData 监测数据的种类。Storage 类存储数据瓦斯数据，ReadGate 类读取瓦斯超限值。refreshp 类刷新图形显示屏，refreshw 类刷新窗体显示屏，Alarm 类报警。

图 4.8 反映了瓦斯浓度监测与监控时各对象之间的交互过程。

(1) ParseDara 实例监测传入的数据种类为瓦斯，调用 Storage 和 ReadGate 类存储数据瓦斯数据，读取对应的瓦斯超限值。

(2) 比较两者的大小，超限时调用 refreshp 类刷新图形显示屏，同时调用 Alarm 报警。不超限，调用 refreshp 和 refreshw 类同时刷新显示屏。

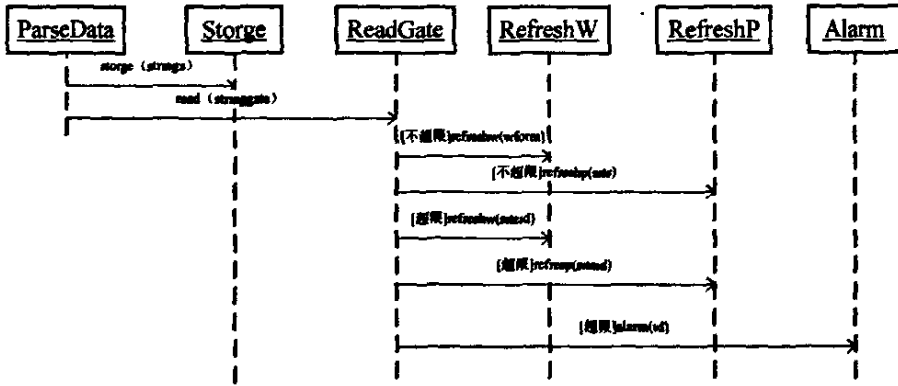


图 4.8 瓦斯数据处理顺序图

4.4.2 图形管理子系统

图形管理子系统主要用来向用户提供图形的绘制、编辑、显示和专题地图制作等功能，本节从用例的抽取描述图形管理子系统。图 4.9 给出了图形管理子系统的用例图。

根据功能模型，图形管理子系统主要有如下功能：图形编辑，包括图形输入(包括井下地图和巷道地图等的绘制和转换)、添加或修改点、线和图形输出功能；图形的显示，包括图形的分层显示、缩放、移动和定位功能，还包括瓦斯含量在巷道图上的定点显示以及瓦斯整体分布图等。

监控分站监测调用实时信息显示模块。当瓦斯浓度(或其他井下信息)异常时，实时信息显示异常区域。

操作员在电子地图上进行操作，包括图形编辑、显示等等。图形编辑负责图形的输入，修改等日常工作。图形显示负责图形按使用者的要求显示图形。

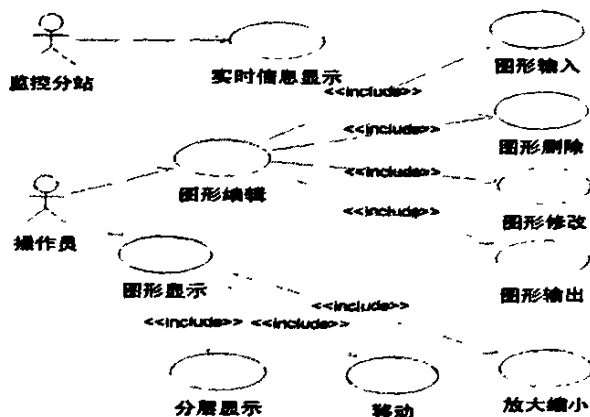


图 4.9 图形操作子系统用例图

图形管理子系统中，不论是绘制、显示，还是图形的编辑修改，都是以某个图层为对象，所以类的设计也以图层为主要对象。图形管理子系统的类图如图 4.10 所示。

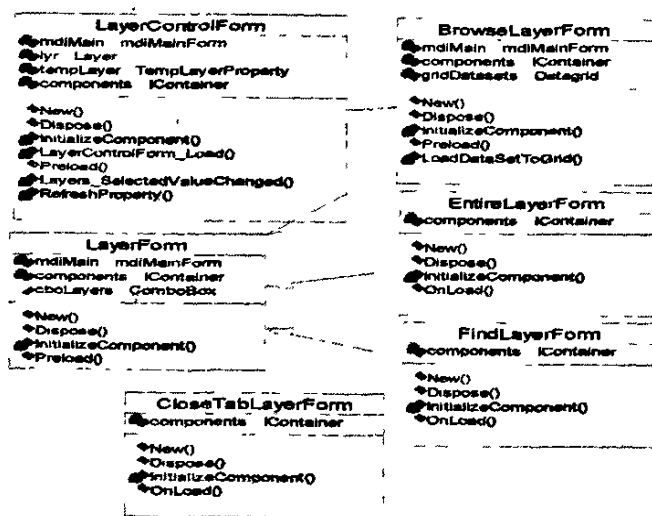


图 4.10 图形管理子系统类图

类 LayerForm 是有关图层的基类，类 CloseTabLayerForm、EntireLayerForm 和 FindLayerForm 都继承自类 LayerForm。类 BrowseLayerForm 负责图层的显示，而类 LayerControlForm 则负责图层的控制，它们都与类 LayerForm 相关联。

图形管理子系统的顺序图如图 4.11 所示。

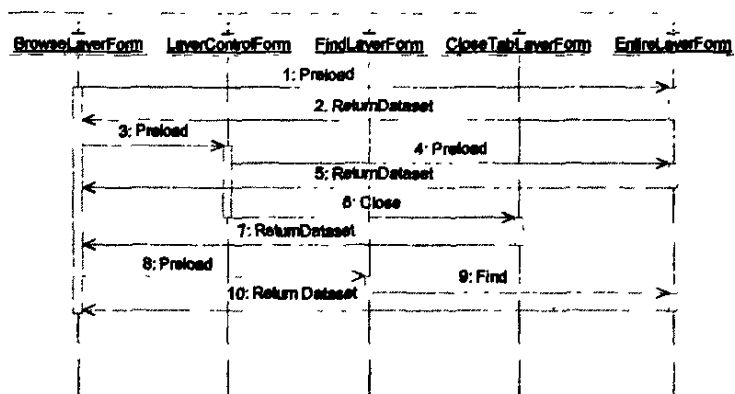


图 4.11 图形管理子系统顺序图

图 4.11 反映了图形操作中各个对象之间的交互过程：

(1) 类 BrowseLayerForm 通过函数 Preload, 向类 EntireLayerForm 检索全部图层数据；

(2) 类 EntireLayerForm 根据类 BrowseLayerForm 传来的要求，检索全部图层数据，并用 DataSet 返回；

(3) 类 BrowseLayerForm 通过函数 Preload, 向类 LayerControlForm 传递图层控制要求；

(4) 如果类 BrowseLayerForm 的控制要求不只是关闭某些图层，则类 LayerControlForm 通过函数 Preload, 向类 EntireLayerForm 传递图层控制信息；

(5) 类 EntireLayerForm 根据类 LayerControlForm 传来的信息，检索图层数据，并用 DataSet 返回给类 BrowseLayerForm；

(6) 如果类 BrowseLayerForm 的控制要求只是关闭某些图层，则类 LayerControlForm 通过函数 Close, 向类 CloseTabLayerForm 传递

图层关闭信息；

(7) 类 CloseTabLayerForm 根据类 LayerControlForm 传递的信息关闭制定图层，并把仍应显示图层的消息通过 DataSet 返回给类 BrowseLayerForm；

(8) 类 BrowseLayerForm 通过函数 Preload 向类 FindLayerForm 传递图层查找要求；

(9) 类 FindLayerForm 通过函数 Find，向类 EntireLayerForm 传递图层查找信息；

(10) 类 EntireLayerForm 根据类 FindLayerForm 传来的信息，检索指定图层数据，并用 DataSet 返回给类 BrowseLayerForm。

4.4.3 多媒体管理子系统

多媒体播放功能把现代多媒体技术与空间数据库技术结合起来，实现了在空间数据基础上的多媒体信息查询，提高了地图的可视性。

1. 多媒体播放支持的媒体类型

系统开发的过程中，广泛使用高级程序设计语言编程技术，可支持多种多媒体信息的显示或播放，具体媒体类型如表 4.1 所示。

表 4.1 系统支持的媒体类型

数据类型	文件扩展名	用于显示或播放的控件
数字视频	.AVI, .DAT	MediaPlayer 控件
波形音频	.WAV	MediaPlayer 控件
MIDI 音频	.MID, .RMI, .MP3	MediaPlayer 控件
位图图形	.BMP, .ICO, .CUR	图像控件(Image 或 PictureBox)
矢量图形	.WMF, .DLB	图像控件(Image 或 PictureBox)
动画	.FLC, .FIC	MCI 控件
Flash 动画	.SWF	Shockwave Flash 控件
文本	.TXT	RichTextBox 控件

2. 多媒体播放器的设计与实现

多媒体播放器分为多媒体连接和多媒体播放两部分。当用户单击多媒体连接按钮后，弹出式窗口即时、明了地显示相关的多媒体信息，包括矿井企业介绍、煤矿安全生产规范、井下生产图片、音频视频、动画等、为便于用户查看和点播，所有媒体信息都分类集中在下拉式组合框内，用户只需点击，即可实现多媒体信息的即点即播。播放系统主要实现了三个功能：①图片浏览，用户可以进行单张图片浏览观察，也可以按照幻灯片方式放映观看；②音频视频播放，可以控制多种格式的音频或视频播放；③文字浏览处理，用户可以对文字信息进行浏览，也可以进行简单的编辑处理。

基于矿用信息集成平台中多媒体类型较为简单，多媒体文件较小，其播放形式也相对简单，为了开发方便，本系统尽量采用 VB.NET 或第三方提供多媒体控件来实现多媒体点播功能。

系统中的音频、视频文件的播放使用 MediaPlayer 控件，在设计时直接放置 AxWindowsMediaPayer 控件，编程实现其触发播放或用户选择点播播放相应的多媒体问题。例如，瓦斯超标时，触发多媒体播放功能，播放瓦斯报警音频、视频文件。部分实现代码如下：

```
Private Sub ChForm_Load(ByVal sender As System.Object, _
                        ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    '音乐路径,图片路径的选取,项目根目录下的bin文件夹中
    sChsongPath = sGeosetPath + "\minegis\bin" + "\ChSong.wav"
    sChpicturepath = sGeosetPath + "\minegis\bin" + "\ChPicture.jpg"
    If ifnull > 0 Then '如果瓦斯浓度超标,播放报警音频、显示报警图片
        AxWindowsMediaPlayer1.URL = sChsongPath
        PictureBox1.Image = PictureBox1.Image.FromFile(sChpicturepath)
        Label1.ForeColor = Color.Red '字体颜色变红,醒目显示
        Label1.Text = "超标区域,详情请点击超标按钮"
    ....
End Sub
```

4.4.4 综合信息管理子系统

本节从用例的抽取，用例的活动图和时序图几个方面描述信息管理子系统。图 4.12 给出了综合信息管理子系统的用例图。

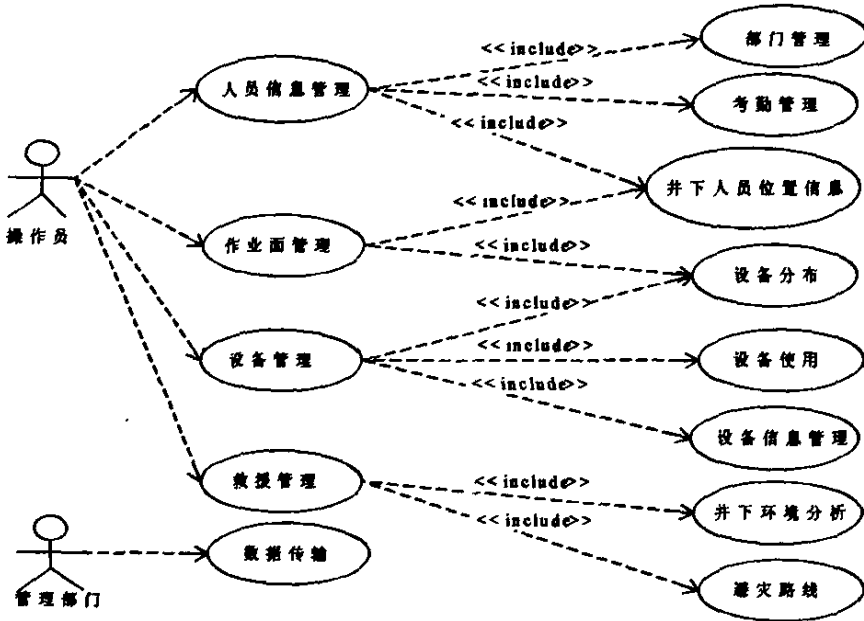


图 4.12 综合信息管理子系统的用例图

系统操作员在这里指系统的使用人员，使用鼠标或键盘操作系统；系统操作员可以查看任何信息。这些信息包括人员信息管理、设备管理、作业面管理以及救援管理等。其中人员信息管理负责管理煤矿工作人员的基本信息，例如部门、考勤等等。系统操作员也可以修改维护设备等的属性信息。救援管理是在事故发生时，辅助专家指挥救援。数据传输定期将有用信息传入上级主管部门。管理部门为上级主管部门，通过网络定期分析矿井生产安全情况。

根据用例图中的功能模块，抽取其共同的属性和操作，设计数据基类如图 4.13 所示，各个功能模块中的类均从数据基类继承。

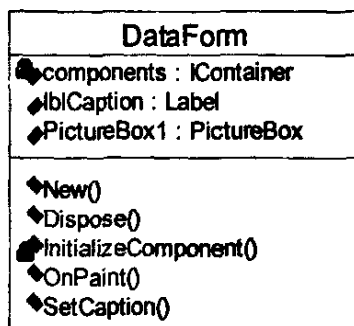


图 4.13 数据基类

在图 4.13 中，IContainer 类型的属性 components 的作用是管理类中的各个控件；Label 类型的属性 lblCaption 的作用是显示类的名称；PictureBox 类型的属性 PictureBox1 的作用是显示类的图标；New 是类的构造函数；Dispose 是类的析构函数；操作 InitializeComponent 的作用是初始化属性 components；操作 OnPaint 的作用是绘制窗体；操作 SetCaption 的作用是设置属性 lblCaption。本文以部门管理为例，给出其类图如 4.14 所示，部门管理顺序图如图 4.15 所示。其它模块不再赘述。

在图 4.14 中，类 deptMainForm、deptAddForm、deptFindForm 和 deptUpdateForm 都继承自 DataForm 类。其中类 deptMainForm 负责从数据库读取数据并显示，如果需要添加部门信息，它就通过 cmdAdd_Click 调用类 deptAddForm 并实例化一个对象，完成添加操作；如果需要查找部门信息，则由类 deptMainForm 通过 cmdFind_Click 调用类 deptFindForm 并实例化一个对象，根据给定的字段完成查找操作；如果需要修改部门信息，则由类 deptMainForm 通过 cmdUpdate_Click 调用并用当前部门信息实例化一个类 deptFindForm 的对象，根据需要修改相关字段完成操作。

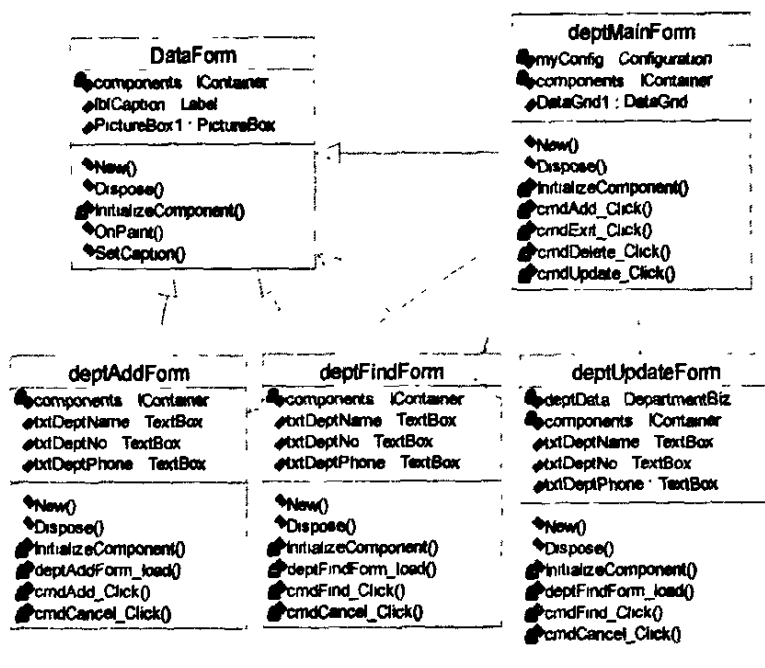


图 4.14 部门管理类图

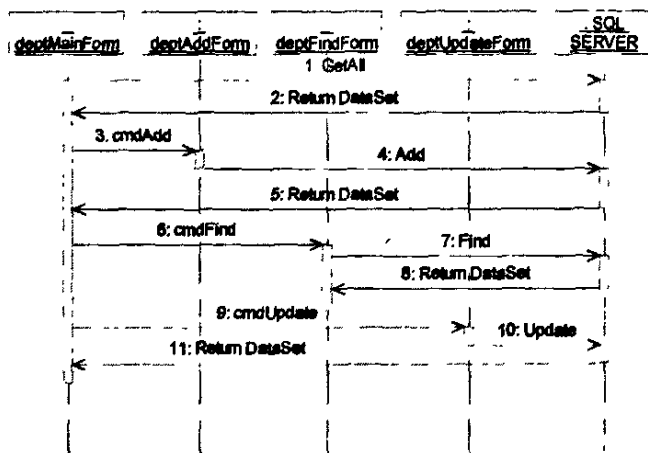


图 4.15 部门管理顺序图

图 4.15 反映了部门管理中各个对象之间的交互过程：

- (1) 类 deptMainForm 通过函数 GetAll, 向 SQL SERVER 检索数据;
- (2) SQL SERVER 根据类 deptMainForm 传来的要求, 检索数据, 并用 DataSet 返回;
- (3) 类 deptMainForm 通过函数 cmdAdd 调用类 deptAddForm 并实例化一个对象;
- (4) 类 deptAddForm 的实例添加完所需信息后, 通过函数 Add, 将新信息添加到 SQL SERVER;
- (5) SQL SERVER 根据类 deptAddForm 传来的信息, 添加数据, 并用 DataSet 返回给类 deptMainForm;
- (6) 类 deptMainForm 通过函数 cmdFind 调用类 deptFindForm 并实例化一个对象;
- (7) 类 deptFindForm 的实例, 通过函数 Find, 将 txtdeptName 发送到 SQL SERVER;
- (8) SQL SERVER 根据类 deptFindForm 传来的 txtdeptName 信息, 查找数据, 并用 DataSet 返回给类 deptFindForm;
- (9) 类 deptMainForm 通过函数 cmdUpdate 调用类 deptUpdateForm 并用当前部门信息实例化一个对象;
- (10) 类 deptUpdateForm 的实例, 通过函数 Update, 将修改后的部门信息发送到 SQL SERVER;
- (11) SQL SERVER 根据类 deptUpdateForm 传来的部门信息, 修改数据, 并用 DataSet 返回给类 deptMainForm.

4.5 本章小结

本章首先介绍系统使用的软件开发工具和设计原则, 根据第 3 章中采矿企业各种类型数据管理的研究, 给出矿用信息集成平台的总体设计, 并采用 UML 建模工具设计了数据流管理, 地图管理, 多媒体管理, 综合信息管理四个功能子系统。在数据流管理子系统中, 首先描述了数据流的输入过程, 然后以瓦斯浓度的监控监测为例, 详细分析了瓦斯浓度监控监测的处理过程, 并给出了用例的活动图

和顺序图。在图形管理子系统中根据图形操作的用例，给出了相应的类图和处理顺序图。简要描述了多媒体管理子系统的设计与实现。最后，在综合信息管理子系统中，给出了用例图，设计了数据基类，并以部门管理为例，给出了详细的类图及顺序图。

第 5 章 矿用信息集成平台应用实例

鸡西矿业集团下属的××矿作为项目实施的试点单位。该矿为高瓦斯矿井，绝对瓦斯涌出量为 $51.56\text{m}^3/\text{min}$ ，相对瓦斯涌出量为 $17.97\text{m}^3/\text{t}$ 。瓦斯涌出量最高一天影响生产 59 次，最长一次停产 40 小时。因此，该矿的瓦斯事故预防的任务重大。

5.1 系统运行结构

矿用信息集成平台接收由井下瓦斯、温度、湿度、甲烷等多种传感器采集到的实时监测信号并进行处理；管理人员、设备、生产作业信息；提供井下地图浏览、查询、编辑等操作；为上级部门传送信息等。集成平台基于 GIS 平台、数据流与数据库，是监测监控系统、GIS 系统与管理系统集成，从而形成的一个井下综合信息系统；同时系统具有方便的接口和良好的兼容性，可纳入煤矿的信息化系统中。××矿井安全系统拓扑结构如图 5.1 所示。

从图 5.1 中可以看出，以地面为界总体结构分为井上与井下两部分。其中，集成平台处于监测管理机的位置。智能监控分站作为数据流输入接口，负责井下煤矿安全生产数据的采集，并通过 CAN 总线将向井上传输，还具有瓦斯超限报警和瓦斯闭锁功能，直接控制底层设备。考勤机负责收集人员上下井信息。井上集成平台负责将各种信息汇总集成优化，完成查询处理功能，并通过网络向上级部门传送信息。

本系统采用高性能微型计算机并且采用双显示器和双硬盘，CPU 主频不低于 2.4GHz 、内存不小于 512M 、硬盘不小于 80G 、显示器不低于 19 英寸、图形显示卡显存不低于 128M 并且支持双屏幕显示以及 CD-RW 或磁带机，也可以采用专业图形工作站(要求双显示器和双硬盘)。操作系统采用 Microsoft Windows 2000 Server 版。

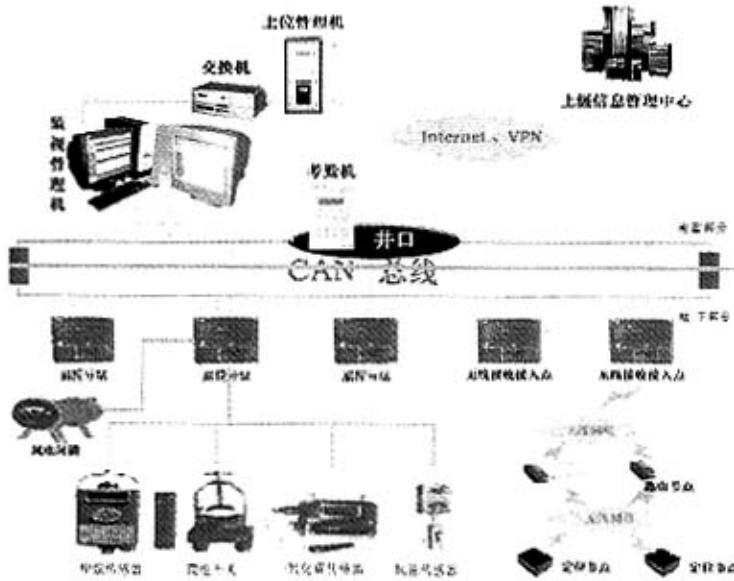


图 5.1 拓扑结构图

从软件运行的环境和程序设计角度划分的系统运行框架如图 5.2 所示。系统采用客户/服务器结构。数据库运行在服务器端。客户端应用系统是方便提供给用户使用的平台，应用软件由 VB.NET 开发。

应用业务	功能模块			
业务支持	属性数据操作函数	数据绑定	空间数据操作函数	
基础支持层	数据流库	属性数据库	空间数据库	多媒体库
	操作系统及软件			
	硬件			

图 5.2 系统的运行框架

其中业务支持层，供功能模块调用，来提高程序的重用性，是常用的函数的总称。应用业务层是系统的功能模块。层次间的关系

做出如下规定。业务支持层是最上层，基础支持层是最下层；上层模块只能调用相邻低层模块提供的功能和交互。其中数据绑定操作函数是 VB.NET 中调用 MapX 函数的集合，实现空间数据与属性数据的集成，完成在系统中对图层的操作。

5.2 系统实现结果

本节针对××矿的具体应用情况，简要说明其实现结果。集成平台提供了便捷的人机交互界面，包括各种操作工具，只需点击工具按钮就可以执行相应的操作，方便用户与系统进行交互。系统运行启动界面如图 5.3 所示。

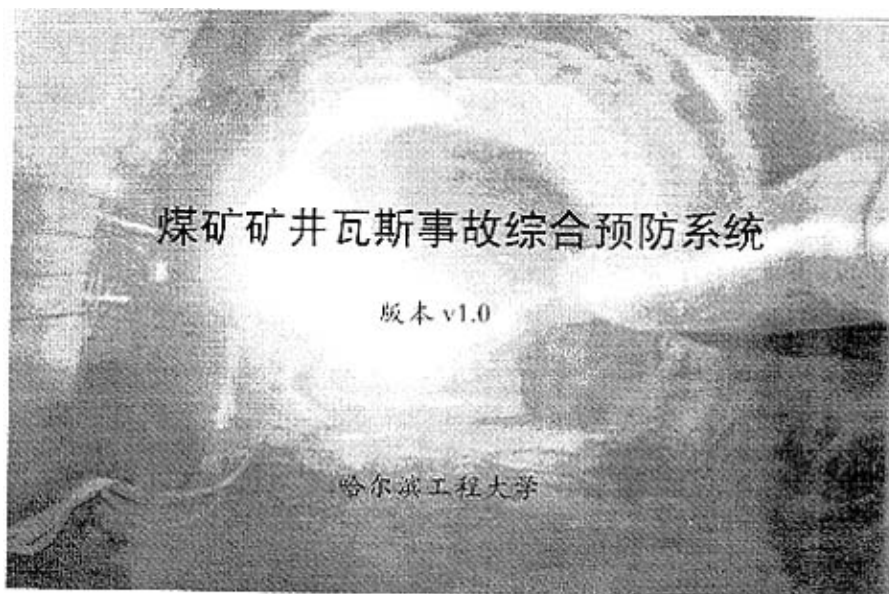


图 5.3 系统运行启动界面

对于一般生产矿井来说，其地图系统较为复杂，若通过本系统的交互绘图功能绘制井下地图，实现工作量大，效率低下。针对矿井企业提供的地图为纸质或者由 AutoCAD 绘制的现状，本文提出使

用绘图工具预先导入的地图输入方法。地图的输入实现过程分为六个步骤，首先利用 AutoCAD 输入图形信息，利用 MapInfo 的 import 函数转换为数据表的格式，再利用 MapX 组件生成数据集，进入 GIS 空间数据库中，最后利用 VB.NET 二次开发。地图输入处理的流程如图 5.4 所示。

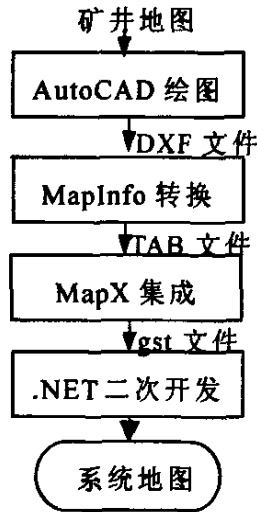


图 5.4 地图处理流程

对转换后的地图适当修改加工，将不同图层的信息选取不同颜色加以区别，并根据显示要求为每个图层设置显示范围。处理后的××矿 20-30 采掘工程图如图 5.5 所示。

由此方法转换过来的地图文件中的属性信息只有一个字段，需要为其添加所需的各种字段，以满足矿井应用需求。可以在空间数据表中只添加必要的标识信息，主要的属性信息添加在属性数据库中，此处的属性数据库即为 SQL SERVER 关系数据库。再根据 3.4.2 节空间辅助数据库中的数据绑定方法进行空间数据与属性数据的绑定。由于开发系统使用的 MapX5.0 组件对 .NET 平台的 dataTable 数据集不支持，作者编程实现将 VB.NET 中的 dataTable 转换成一个 VB6.0 中的 recordset，最终实现了空间与属性数据的绑定。

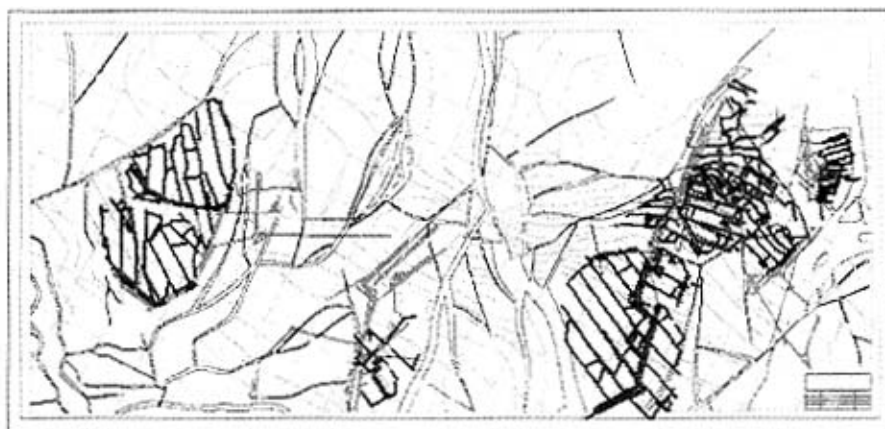


图 5.5 ××矿采掘工程图

按照数据流管理子系统实现部分可以将数据流信息与关系数据库融合，还可以按照多媒体管理子系统的设计与实现将多媒体信息融入集成平台。此时，所有信息都可以在集成平台上有效的管理起来，所有的信息都可以直观的为用户服务。

由于系统采用双屏显示，一个屏幕以图形形式显示井下地图信息及环境监测信息，另一屏幕以数据表的形式显示，方便用户的比较观察。数据采集运行如图 5.6 所示。

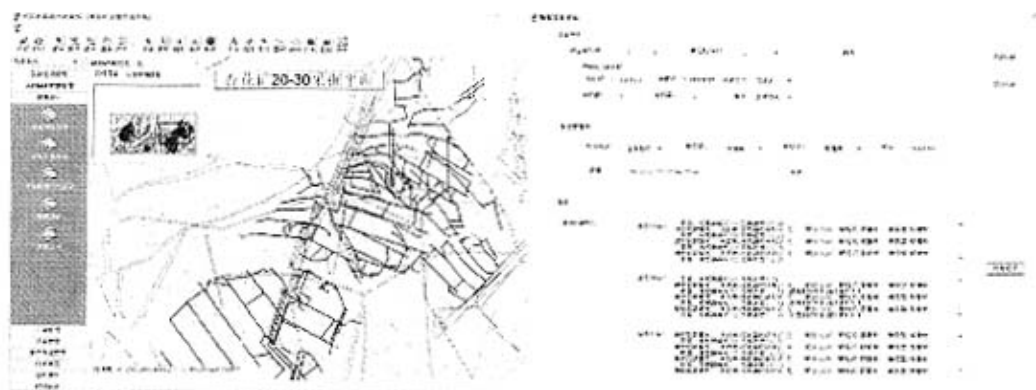


图 5.6 系统数据采集运行图

××矿某采掘工作面的瓦斯浓度在地图上动态专题显示如图 5.7 所示。

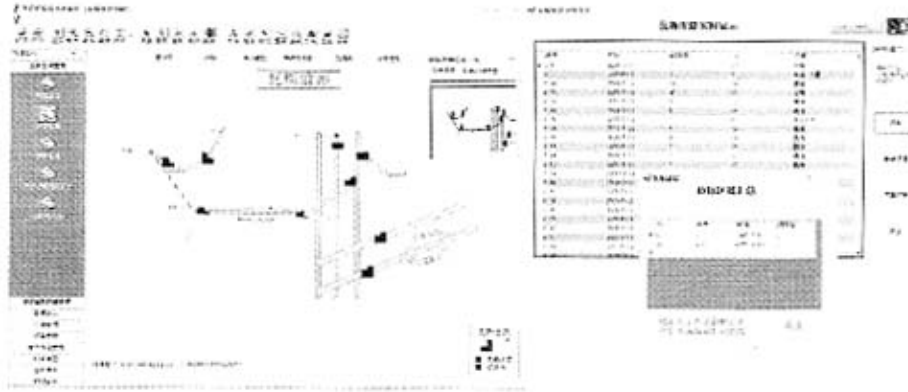


图 5.7 瓦斯浓度动态专题显示

从图 5.7 可以看出，左边屏幕显示采掘工作面地图，当前显示的是瓦斯浓度监测信息；右边屏幕以数据表格的形式翻滚信息数据更新信息，有超标情况时，启动声光多媒体报警并弹出具体超标信息。

集成平台还可以对井下环境监测信息的历史记录等进行统计分析，可以以多种方式显示，包括折线图、柱状图、报表等。瓦斯浓度历史记录统计信息以曲线显示如图 5.8 所示。

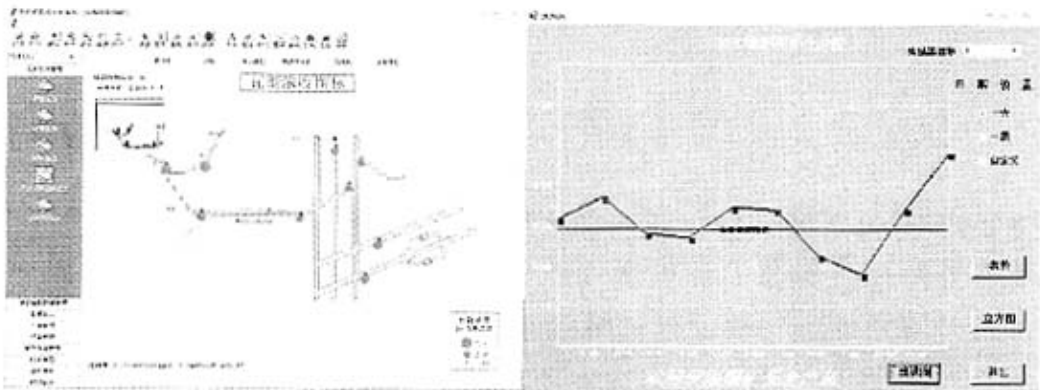


图 5.8 瓦斯浓度历史记录统计图

集成平台对人员、设备、生产作业进行管理，不仅可以像其它管理信息系统一样使用数据表格及各种报表统计，更具有特色的是同时在地图上显示设备位置、状态等信息，达到地图与数据完全融合。设备管理如图 5.9 所示。



图 5.9 设备管理

从 5.9 图中可以看出，左边屏幕显示采区地图，在地图中显示各种设备的形状、所处的位置；右屏以表格形式显示各种设备的具体信息。在地图上使用选择工具选中某一设备，则在右屏表格数据中将该设备对应的信息变为当前记录，并在下面两个具体表格中分别显示其随机工具和备件信息。

5.3 运行效果评价

从目前煤矿企业安全生产中存在的问题出发，该系统将 CIM 哲理应用于矿用信息集成平台的开发中，实现井下各类信息的优化集成，为安全生产和救援提供信息服务和决策支持。以××矿为试点进行数据测试和运行情况看本系统的实施取得了良好的效果。

(1) 将井下地图数字化并导入系统中减少地图输入的工作量，发挥集成优势，更有效地利用信息资源，为方便用户使用提供方便；

(2) 该系统是一个涉及到巷道地理信息系统、地质信息、作业人员管理系统、设备管理系统、设施管理系统、生产作业管理安全监控信息等多个信息源,多种数据类型的复杂大型信息系统。将数据流管理技术引入系统的设计,将井下监测数据流信息与管理数据相融合,空间信息与属性信息集成,实现了数据共享,解决了其数据交换技术与数据库结构设计这一重要的技术难题;

(3) 矿用信息集成平台以 GIS 为集成平台,实现了井下人员、设备、安全监控系统等全方位的集中统一控制,使矿井井下信息真实的再现,各种信息互通,使用户在井上可以对井下状况一目了然;

(4) 经过试运行,软件系统运行稳定可靠,功能齐全,操作简单,是一个“平战”结合的信息系统,具备良好的机动性能和快速反应能力。可为矿井企业在生产期间起到预防事故的发生,为企业生产提供有效的安全保障。

5.4 本章小结

本章以鸡西矿物局下属的××煤矿为试点单位进行了矿用信息集成平台的实际设计,简要介绍了集成平台的体系结构,详细介绍了集成平台的各个功能模块的运行结果。最后对集成平台在××矿的运行情况进行了总体评价。

结 论

国内采矿企业普遍存在信息化程度低下,对井下的生产管理能力和企业内信息源复杂多样,往往有多个不同的系统同时运行,各种信息不能互通形成企业信息化孤岛;对井下作业环境缺乏必要的监控等问题。

针对采矿企业信息管理中存在的多数据源,多数据类型,集成困难等问题,重点研究了数据流与数据流的管理,空间数据与管理数据的集成,多媒体技术的采集、存储管理等。将井下环境信息监测与安全生产管理和调度管理进行有机集成,建成了一个管控一体化的通用矿用信息集成平台。本文围绕以下几个方面展开工作。

(1) 研究数据流管理的相关技术,提出了一个矿用平台的数据流模型,给出了数据流查询语言的定义,给出数据流管理系统的结构,将其应用到矿用信息集成平台设计中,解决了采矿企业中数据流管理的问题。

(2) 针对矿井地图的空间管理需求,研究了空间数据的特点与空间数据的管理,给出了空间数据管理的方法,MIS与GIS集成的方案,在此基础上实现了MIS与GIS两个系统功能模块的“无缝集成”。MIS与GIS集成相互取长补短,完成各自的信息服务任务。

(3) 将多媒体技术纳入集成平台中,给出了多媒体辅助数据库的结构及多媒体管理系统的设计;实现报警信息的播放与显示,井下设备、设施等图例库的制作,井下作业现场立体显示,及政策法规的播放等,使集成平台更加生动形象,更方便用户的使用。

(4) 详细分析矿用信息集成平台的功能需求,采用CIM哲理及系统工程的相关理论进行矿用信息集成平台的设计与实现。

(5) 矿用信息集成平台通过对MIS、GIS、DSMS及多媒体数据的有效集成,实现了矿井井下安全生产的管控一体化,解决了现有井下系统的信息化孤岛问题,形成了一个集成的矿井信息化系统,

符合矿井安全的要求。

矿用信息集成平台具有广阔的应用前景，它可以广泛应用于煤矿等采矿企业的井下生产管理与监控监测，替代现有落后的系统。还可用于其它类型矿业企业及地下作业系统等。

该平台的设计与实现还存在进一步优化的潜力。对数据流管理技术的研究还不够深入，数据流管理系统的功能还相对简单，尚需进一步的强化工作。

参考文献

- [1] 张犁. GIS 系统集成的理论与实践.地理学报. 1996, 51(4):51 页
- [2] Study on MIS and the Models of Plan of Disintegrating Trains at Marshalling Yard in Steel Enterprise[A]. Proceedings of the Fourth International Conference on Information and Management Sciences [C], 2005
- [3] 孙长嵩, 闵远利, 李冬艳. 煤矿矿井瓦斯综合管理系统的设计与实现. 信息技术, 2005 增刊, 308-310 页
- [4] On the Use, Usefulness, and Ease of Use of Structural Equation Modeling in MIS Research: A Note of Caution Wynne W. Chin, Peter A. Todd. MIS Quarterly, 1995, 19(2): 237-246P
- [5] 彭新明, 张东明等. 基于 GIS 和面向对象方法的大坝施工可视化仿真. 哈尔滨工业大学学报. 2005, 37(11): 1592-1594 页
- [6] Bowles, Glenn Reno, Jr. Fusion of remote sensing data and geographic information system technology to map buried waste dumpsites. Dissertation Abstracts International. 2002, 63(07): 2718P
- [7] 吴信才. 地理信息系统原理与方法[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 28-29 页
- [8] 龚健雅. 当代地理信息进展综述. 测绘与空间地理信息. 2004, 27(1): 5-8 页
- [9] Wang Juanle. Integrated GIS Solution to Mining Subsidence Assistant Decision in Mining Area. IEEE, 2004: 2868-2869P
- [10] 邬伦, 刘瑜, 张晶, 马修军, 韦中亚, 田原等编著. 地理信息系统方法和应用. 科技出版社, 2001: 255-256 页
- [11] Babcock B, Babu S, Datar M, Motwani R, Widom J. Models and issues in data streams. In: Popa L, ed. Proc. of the 21st ACM

- SIGACT-SIGMOD-SIGART Symp. On Principles of Database Systems. Madison: ACM Press, 2002. 1-16P.
- [12] 桂浩,冯玉才,李又奎. 面向流数据的数据管理系统的研究. 计算机应用研究. 2005(1):88 页
- [13] Jin CQ, Qian WN, Zhou AY. Analysis and management of streaming data: A survey. Journal of Software, 2004,15(8): 1172-1181P
- [14] R. Motwani, J. Widom, A. Arasu, etal. Query processing, approximation and resource management in a data stream management system. InProc. First Biennial Conference on Innovative Data System Research (CIDR),2003.1-12P
- [15] S. Chandrasekaran, O. Cooper, A. Deshpande, etal. TelegraphCQ: continuous dataflow processing for an uncertain world. In Proc. Conf. on Innovative Data Syst. Res, 2003:269-280P
- [16] A. Lerner, D. Shasha. AQuery: Query language for ordered data, optimization techniques, and experiments. Technical Report, 2003. 1-12P
- [17] Slivinskas, G., Jensen, C.J., and Snodgrass, R.T., Bringing order to query optimization. SIG-MOD Record, 2002, 31(2): 5-14P
- [18] Y. Yao, J. Gehrke. Query processing for sensor networks. In Proc. Conf. on Innovative Data Syst. Res, 2003:233-244P
- [19] D.Abadi, D.Carney, U.Cetintemel, etal. Aurora: A new model and architecture for data stream management. In VLDB Journal, 2003, 2(12): 120-139P
- [20] D.Abadi, D. Carney, U. Cetintemel, M.Cherniack, C.Convey, etal. Aurora: A data stream management system (demo description). In Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD Conference on Management of Data, San Diego, CA, 2003.1-10P
- [21] Lukasz Golab, M. Tamer Ozsü. Issues in data stream

- management. SIGMOD Record, 2003, 32(2): 5-14P
- [22] 王松年.多媒体技术应用教程[M],上海:上海交通大学出版社,2000.10,107-125 页
- [23] 段方勇,吴金培.多媒体地理信息系统(MGIS)的设计及其应用[J],测绘通报,1997,(5):30-32 页
- [24] 张文君,王卫红.多媒体 GIS 查询系统的建立.测绘通报,2001,(12): 28-29 页
- [25] 李西,高建国,郭君. 矿区多媒体地理信息系统设计.昆明理工大学学报(理工版),2005,30(2):7-9 页
- [26] 刘迎春,楼巧萍,张莉. 基于 GIS 的校园环境多媒体导航系统设计[J]. 浙江工业大学学报,2003,31(6):597-603 页
- [27] 赵军,张军扬. 旅游信息系统多媒体地图数据库的建立[J]. 济南大学学报(自然科学版),2003,17(1):51-53 页
- [28] 许光祐,车轶,史元春.中国多媒体技术研究[J].中国图形图像学报. 2003,8(12):1361-1366 页
- [29] 张力峰,许有鹏.基于空间数据库的多媒体图形查询信息系统研究[J].地理研究,2002,21(3):355-372 页
- [30] 刘正涛,毛宇光. 一种新的数据流数据模型.计算机科学, 2005, 32(7 增 B):524-527 页
- [31] A. Arasu, G. Manku. Approximate Counts and Quantiles over Sliding Windows. In Proc.of the 23rd ACM Symp. on Principles of Database System, 2004:286-296
- [32] 宋卫东.数据流管理系统的研究与设计. 南京航空航天大学硕士学位论文.2006.3:27-36 页
- [33] S. Madden, MJ. Franklin, Fjording the stream: An architecture for queries over streamingsensor data, In: Proc. of the 18th Int'l Conf. on Data Engineering. San Jose: IEEE Computer Society, 2002: 555-566P
- [34] Michael G.Tait.Implementing geoportals:applications of distributed GIS.Computers Evironment and Urban Systems.

2005,29,33-47P

- [35] Shi Wenzhong, Zhang Minwen. Development of a GIS data model with spatial. *Geo-spatial information science*, 2003, 3(1): 17-23P
- [36] 林宏基,林志贤. 基于 Java/Oracle Spatial 构架的 WebGIS 研究与应用. *计算机工程与设计*, 2003, 24(8): 11-13 页
- [37] Roman Steven 著,陈志远译. *Visual Basic WinAPI 编程*[M], 北京:中国电力出版社, 2001: 332-357 页
- [38] 王善华,许捍卫,崔立新等. 空间及多媒体数据的数据库存取[J]. *现代测绘*. 2003, 26(4): 34-37 页
- [39] 刘仁义,刘南,苏国中. 图形数据与关系数据的结合及其应用[J]. *测绘学报*. 2000, 29(4): 329-333 页
- [40] 李大友. *多媒体技术及其应用*[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2000. 10: 10-125 页
- [41] 王文彬. 在 VB 中实现动画设计的常用方法[J]. *河南教育学院学报(自然科学版)*. 2004, 13(1): 65-66 页
- [42] 刘炳文, *Visual Basic 图形与多媒体程序设计*[M]. 北京:清华大学出版社, 2002. 8: 8-30 页
- [43] Wang WP, Li JZ, Zhang DD, Guo LJ. Sliding window based method for processing continuous J-A queries on data streams. *Journal of Software*, 2006, 17(4): 740-749P
- [44] 杜威,邹先霞. 基于数据流的滑动窗口机制的研究. *计算机工程与设计*. 2005, 26(11): 2922-2924 页
- [45] Zhang DD, Li jz, Wang W P, Guo LJ. Algorithms for storing and aggregating historical streaming data *Journal of Software*, 2005, 16(12): 2089-2098P
- [46] MapInfo 公司. *MapX 培训教程*. <http://www.mapinfo.com>

攻读硕士学位期间发表的论文和取得的科研成果

发表论文:

- [1] 李冬艳,孙长嵩,吴珊.一个基于 GIS 技术的矿井信息集成平台.2006 年北京地区高校研究生学术交流会——通信与信息技术会议论文集.北京:北京邮电大学出版社.2006:1659-1664 页
- [2] 湛浩旻,孙长嵩,吴珊,李冬艳. ZigBee 技术在煤矿井下救援系统中的应用.计算机工程与应用,2006,42(24):181-183 页
- [3] 孙长嵩,闵远利,李冬艳.煤矿矿井瓦斯综合管理系统的设计与实现.信息技术,2005 增刊,308-310 页
- [4] 吴珊,孙长嵩,李冬艳,刘岩.通风网络拓扑结构识别算法.杨义先等编.2006 年北京地区高校研究生学术交流会——通信与信息技术会议论文集.北京:北京邮电大学出版社.2006:1691-1694 页

科研项目:

- [1] 黑龙江省重大科技攻关项目——“煤矿矿井瓦斯事故综合预防系统”的设计与开发
- [2] 国家电子信息产业发展基金招标——煤矿安全生产自动化监测、监控和管理系统与标准研究制定的标书撰写
- [3] 哈尔滨市经济合作促进局许可证审批项目——外地驻哈企业许可证审批系统的设计与开发

致 谢

首先我要向导师孙长嵩教授表达最诚挚的谢意，感谢孙老师给予我的无私指导和帮助。入学以来，无论在学习上还是在生活上，孙老师都给予了我悉心的指导和无尽的关爱。在本文的选题、收集资料、撰写、修改和定稿的过程中，均得到了他的悉心指导。孙老师严谨踏实的作风、精益求精的治学态度、孜孜以求的进取精神为笔者培养良好的学风和提高工作能力树立了学习的榜样。在此对指导教师孙长嵩教授致以诚挚的感谢和敬意。在研究生学习期间，还得到了刘大昕教授的指导和关心，在此表示感谢。

特别感谢湛浩旻在学习、生活中给予我的帮助，对于本文提出的宝贵意见以及为我无私地提供参考资料。还要感谢实验室各位同学，特别是吴珊、张安真、杨光宇、徐俊杰等，他们端正的学习态度，积极的进取精神使我获益匪浅，在此对各位同学致以诚挚的感谢和敬意。

最后，感谢我的家人和朋友，是他们一直对我的关爱和支持，使我得以顺利完成学业。