2. 支持 WINDOWS9X/NT/WEB 环境，操作简单直观，容错能力强；

3. 具有独特的三级断电功能，可进行传感器就地断电、分站程控断电、中心站手控断电和分站之间的交叉断电；

4. 具有数据密采功能，允许多点同时密采，最小实时数据存储间隔可达 1s；

5. 可挂接火灾监测子系统、瓦斯抽放监测子系统、电网监测子系统、工业电视系统等，便于统一管理；

6. 具有实时多屏多画面显示，最多可带 16 台显示器，屏幕显示方式可由用户设置组合成不同结构，并可配接大屏幕液晶投影系统；

7. 地面中心站监控信息和工业监控图象可通过射频和视频驱动系统进入闭路电视系统；

8. 网络终端，可在异地实现监控系统的实时信息和文件共享、网上远程查询各种监测数据及报表、调阅显示各种实时监视画面等；

9. 多种类型的分站可独立工作、自动报警或断电。可自动和手动初始化，具备风电瓦斯闭锁功能；

10. 井下监控分站具有就地手动初始化功能(采用红外遥控方式进行)，当分站掉电后初始化数据不丢失；当井下分站与地面中心站失去联系时，分站可自动存储 2h 的数据；

11. 监视屏幕显示生动，具有多窗口实时动态显示能力，显示画面可由用户编排，交互能力强；

12. 有强大的查询及报表输出功能，可以数据、曲线、柱图方式提供班报、日报、旬报，报表格式可由用户自由编辑；

13. 可同时显示六个测点的曲线并可通过游标获取相应的数值及时间，显示曲线可进行横向或纵向放大。查询时间段可任意设定(1h ~ 30d)。同时提供有对曲线的分析、注释文字编辑框；

14. 断电控制具有回控指令比较，可确保可靠断电，当监测到馈电状态与系统发出的断电指令不符时，能够实现报警和记录；

15. 完善的密码保护体系，只有授权人员才能对系统关键数据进行操作维护。

(三)数据传输装置

KJ9010 型数据传输装置是系统的一个重要部分，用来实现地面中心站监控主机与井下分站之间的电气本安隔离及信号转换，它既支持时分制基带，也可为 DPSK 方式通讯，通讯速率达 2400 波特率。

(四)监控分站及电源

监控分站及电源是 KJ90 型煤矿综合监控系统的核心设备之一，具有智能化程度高、

功能强，结构简洁灵活（既可分体式，也可一体化）和系列化等特点，主要完成实时信号采集、预分析处理、显示控制、数据通讯及传感器集中供电等功能，为矿用隔爆兼本质安全型产品，适用于有爆炸性危险的场所。

二、工作原理和主要结构

KJ90型煤矿综合监控系统是以工业控制计算机为核心的全网络化分布式监控系统，主要由地面中心站、数据传输接口、网络设备、图形工作站、多媒体网络终端、井下系列化监控分站及电源、各种矿用传感器、控制器及监测子系统等组成。整个系统由地面监控中心站集中连续地对地面和井下各种环境参数、工况参数以及监测子系统的信息进行实时采集、分析处理、动态显示、统计存储、超限报警、断电控制和统计报表查询打印、网上共享等；井下监控分站及电源完成对各种传感器的集中供电，并对采集到的传感器信息进行分析预处理，超限可发出声光报警和断电控制信号，同时与地面进行数据通讯。

KJ90型煤矿综合监控系统地面部分采用星型拓扑结构，以Ethernet局域网方式运行，网络协议支持TCP/IP、NETBIOS和对等广播。监控软件运行平台全面支持WINDOWS95/98/NT/WEB操作系统。井下网络采用树型拓扑结构，安装灵活，可靠性高。系统原理框图见图11－8－1。

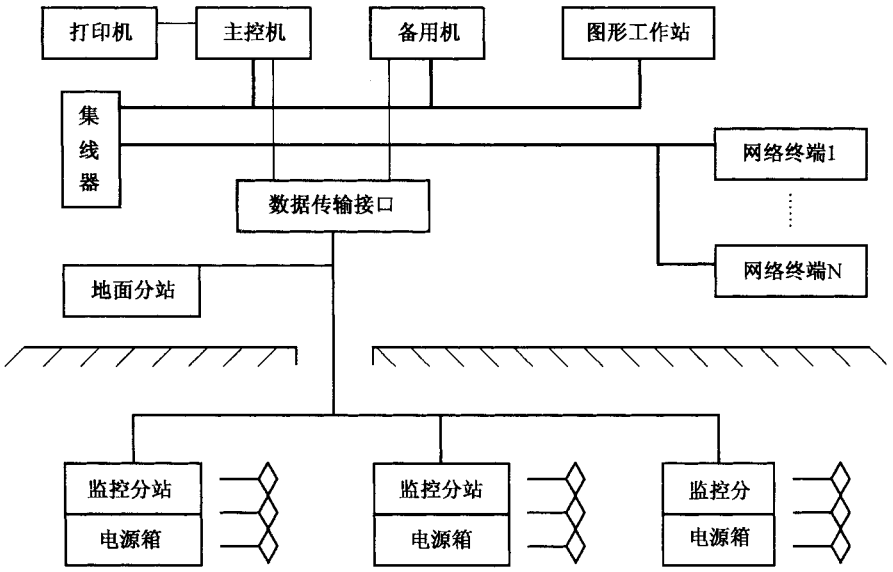


图11－8－1　KJ90型煤矿监控系统原理框图

三、主要技术指标及系统设备

(一)主要技术指标

系统主要技术指标见表 11－8－1。

(二)系统主要设备

系统主要设备有：

(1)地面中心站：主机为 586/166M 以上工控机，终端机为 PⅡ以上，监控软件运行平台为 WINDOWS9X/NT/WEB；

(2)数据传输接口：通讯速率为 2400bps；传输方式为时分制基带或 DPSK；电源电压为 220VAC；隔离电压 1500V；与计算机接口为标准 RS－232C；

(3)监控分站及电源：KFD－2 型大分站(8 个模拟量、8 个开关量、8 个控制量)；KFD－3 型中分站(4 个模拟量、4 个开关量、4 个控制量)；KFD－3B 型小分站(2 个模拟量、2 个开关量、2 个控制量)；输入信号制(200～1000Hz、1～5mA、4～20mA、1/5mA)；模拟量和开关量可任意互换；

(4)远程断电器：KDD－Ⅰ型，容量 36V/5A；KDD－Ⅱ型，容量 660V/0.3A；断电距离大于 10km。

(三)配置的主要传感器

低浓度瓦斯传感器	KG9701 型	0～4%
高低浓瓦斯传感器	KG9001B 型	0～100%
风速传感器	CW－1 型	0.3～15m/s
负压传感器	KG9501 型	0～5kPa
温度传感器	KG9301 型	0～40℃
一氧化碳传感器	KG9201 型	$0\sim500\times10^{-6}$
水位传感器	KJ92 型	0～5m
烟雾传感器	KG8005 型	
氧气传感器	KG8903 型	0～25%
设备开停传感器	KTC－90 型	3A 以上交流
风门开关传感器	KG92－1 型	
顶板动态传感器	KG9302 型	0～200mm
顶板压力传感器	KG9303 型	0～500kN
馈电开关传感器	KG9401 型	

声光报警器	AGS 型

四、推广应用情况

KJ90 型煤矿综合系统是原煤炭部首批定点生产的煤矿监控系统之一，在煤矿行业得到了很好的推广应用，曾获四川省科技进步三等奖。到目前为止，已在国内多个省区推广使用了 40 多套，用户遍及四川、贵州、云南、河北、安徽、江苏、新疆、广西、山西、河南、山东、黑龙江等省区，用户反映良好，取得了较好的经济效益和社会效益。由于煤炭科学研究总院重庆分院不断给新老用户提供良好的技术服务，得到了广大用户的赞赏。随着我国煤炭行业安全生产管理水平的不断提高，对煤矿监控系统的需求也将越来越大，加上国内许多陈旧、落后老系统面临的改造换代，KJ90 系统必将有很好的推广应用前景。

第三节　KJ95 型煤矿综合监控系统

KJ95 型煤矿综合监控系统是集监测、通信、光纤传输于一体的综合性煤矿监控系统，适用于大、中、小型各类矿井。监测、通信和光纤传输三部分又可分别单独使用，以满足煤矿各种不同的应用要求。

一、主要功能

(一)监测监控系统功能

1. 可以监测瓦斯、风速、负压、一氧化碳、烟雾、温度、风门开关等环境参数，也可监测煤仓煤位、水仓水位、压风机风压、箕斗计数、各种机电设备开停等生产参数和电压、电流、功率等电量参数，以及输送带跑偏，输送带速度，轴承温度、机头堆煤等各种机电设备的运行情况。

2. 可以配接输送带集中控制、轨道运输信集闭、电力监测等子系统，以实现局部环节的自动化。

3. 可以在全监测系统范围内通过便携式调试电话机与地面中心站或分站、传感器之间进行语音通信。

4. 工作人员可以在中心站利用鼠标通过 PC 机 CRT 上的对话框进行各种操作，以

便对矿井设备配置和测点进行生成操作。

5. 可以方便地在屏幕上绘制各种模拟图形。

6. 可以方便地由用户自行生成各类表格。

7. 通过主机的 RS－232 串行口实时地与分站设备进行广播式通信。

8. 通过主机的 RS－232 串行口实时地与模拟盘进行广播式通信。

9. 主机上插网卡，即可实现监测系统直接上网。

10. 可以配接绘图仪，以便绘制各种图形和监测曲线。

11. 可以配接大屏幕或投影机，以便在更大的面积上显示更多的工艺流程模拟图、监测曲线、表格和文字，以及主机 CRT 上所能显示的全部内容。

12. 可通过扫描仪输入图像图片资料，并进行图文编辑。

13. 对各类报警信息进行处理，并实时地进行存储和报警。

14. 对监测到的实时数据进行处理，模拟量每 2min 存一个平均值，开/停信息按小时计时，累计量按小时累计，并存储。

15. 通过主机 CRT 可显示以下几大类信息：系统生成及操作；测点生成及操作；时钟和日期显示；工艺流程模拟图形显示；各测点数据表格显示；模拟量参数的实时值表格，二维或三维柱状图、圆饼图、变化曲线显示；开关量的实时值，累计开/停时间显示；累计量的实时值及累计值显示；各类报警表格显示；系统相关设备及软件操作说明显示。

16. 在井下高智能分站上主要可完成以下功能：实现采煤工作面，掘进工作面以及串联通风情况下的风电瓦斯闭锁；电网停电后，可继续工作 2h；分站上有液晶显示窗口，一次可显示 16 个汉字和字符；可存储 24h 的瓦斯数据，并能以曲线形式显示出来；站内设有键盘，可任意设置报警点和断电点；可定点显示某一测点或巡回显示各个测点的实时监测值；该分站可单独使用，也可作为分站一级设备使用。

(二)调度通信系统功能

1. 可与地面交换机配接，实现一次等位拨号，或单独成局中继入网；

2. 系统采用分散铃流，铃流故障时，只影响所在用户话机，铃音有两种，即复合和单音。易识别来自地面交换机(复合音)还有程控调度交换机(单音)的振铃；

3. 调度台上有 24 位数字显示，每个键有红绿灯对位显示，运行状态清晰，操作方便，话机有 16 位键，其中 4 位是功能键；

4. 有单呼、群呼、全呼及单扩、群扩、全扩等功能；

5. 有会议调度功能，可召开小型、大型及全体会议；

6. 除具有强入、强拆、话监听业务外，还具有话机监听功能，以便了解话机周围 5m

的现场动静；

7. 有禁止功能，对等位拨号或经中继入网的用户可禁止呼入与呼出；

8. 有语音信箱功能，用户可将自己的语音存入该信箱，可由调度提取用户的语音；

9. 具有用户线路查寻功能，当用户线路开路、短路故障时，调度台上有显示；

10. 紧急状态下实现双向呼叫，并可录音、计时及调度室扩音监听；

11. 具有无须用户按话机的免提键，在调度控制下实现；

12. 本系统允许接入 4 个调度台与 8 台调度话机，或接入 4 台计算机与 8 台调度话机；

13. 本系统主机柜通过用户线向话机自动浮充，无须更换话机电池；

14. 交换机柜的输出端子为本安型，无须通过外接耦合器等防爆安全装置。

(三)光纤高速通道主要功能

1. 透明传输监测系统(主干道)数据；

2. 传输微机调度通信系统 28 路话音信号。

二、主要技术参数

KJ95 型综合监控系统的主要技术参数见表 11－8－1。

三、系统组成及工作原理

KJ95 型综合监控系统框图组成见图 11－8－2。

系统由全矿井监测监控系统、光纤高速通道、调度通信系统、计算机网络四大部分组成。它们既可作为独立的系统或设备使用，也可集成在一起形成 KJ95 煤矿综合监控系统。

全矿井监测监控系统，主要由监测主机及其外设、传输接口、传输电缆、分站和各种传感器组成。主机连续不断地轮流与各个分站进行通信，每个分站接到主机的询问后立即将该分站接收的各个测点的信号传给主机，每个分站又不停地对各传感器信号(开关量、模拟量和累计量)进行检测变换和处理，时刻等待主机的询问，以便把检测的参数送到地面。需要对井下设备进行控制时，主机将控制命令与分站巡检信号一起传给分站。监测主机接收到的实时信息进行处理和存盘，并通过本机显示器、大屏幕、模拟盘等外设显示出来。显示器可显示各种工艺过程模拟盘、测量参数表。各种参数的实时或历史曲线、柱状图、圆饼图等，也可通过打印机打印各种报表，或通过绘图仪绘制各种图表和曲线。

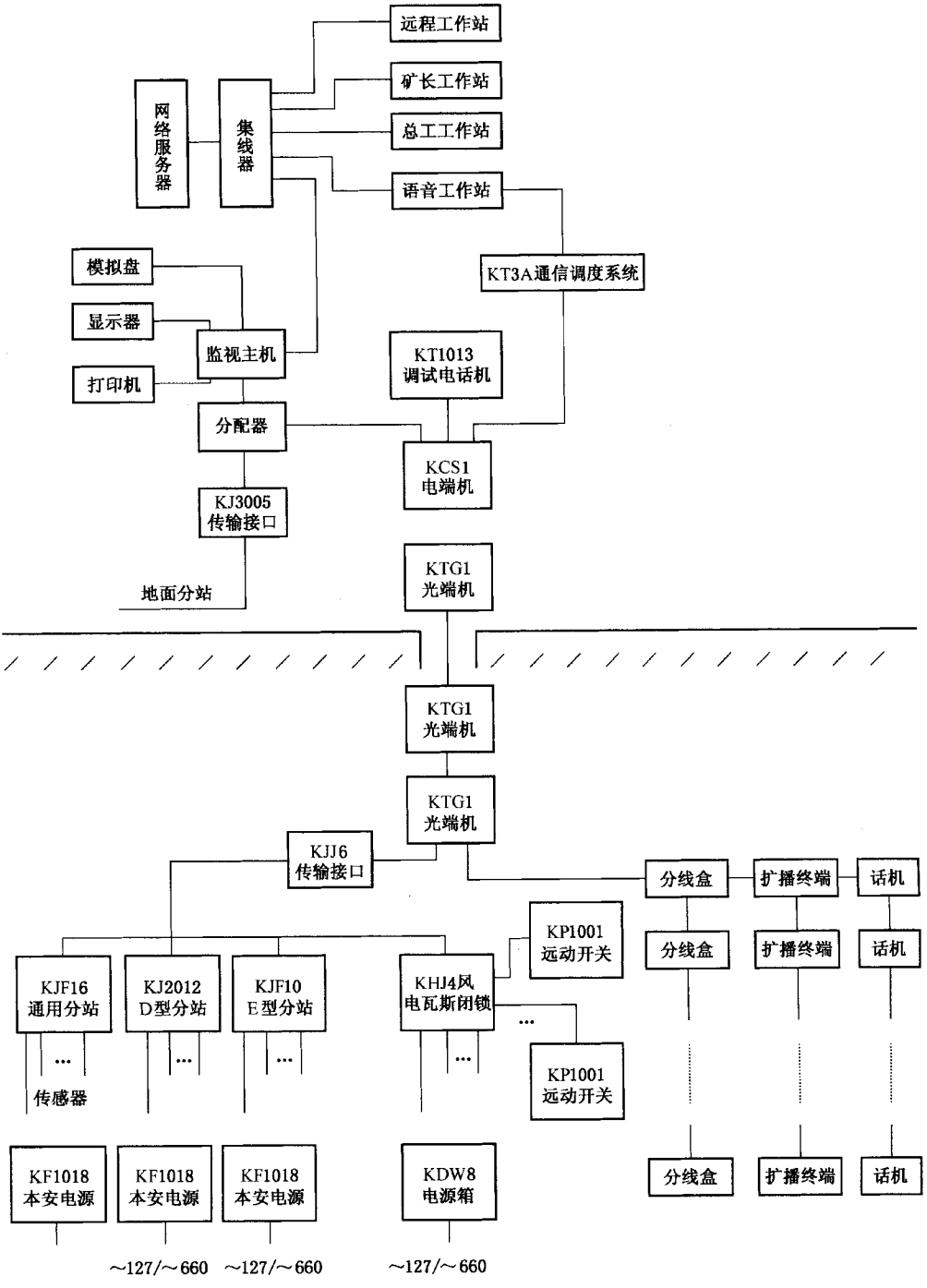


图 11-8-2　KJ95 型煤矿监控系统框图

调度通信系统主要由程控交换机、操作台、传输电缆和井下扩音自动交换机等设备组成。

光纤高速通道主要由地面电端机和光端机、井下光端机和电端机，以及光缆组成。首先是地面电端机将各路通信系统的话音模拟量信号转换成数字信号，与监测系统的数字信号进行综合后送地面光端机，光端机将综合数字信号变成光信号送入光纤进行传输。井下光端机将地面送来的光信号转换成电信号送井下电端机，电端机再将综合数字信号分离成监测系统的数字信号和通信数字信号，并将通信的数字信号再变换成话音的模拟信号，经电缆传到各话机。光纤高速通道的作用是双向的，上述信号的转换过程对于由井下传至地面的监测信号和通信信号是完全一样的。

网络是监测系统与调度通信系统联络的桥梁，在这里通信系统中设置的语音工作站不断地访问服务器，发现有测点超限时，将超限的情况以及相关区域进行分析后，确定报警的语音信息，语音工作站再将语音信息转换成语音信号以及报警区域信息送交换机，由交换机对井下相应的一个或若干个话机进行扩播报警。网络可挂接若干个工作站设于矿领导办公室或其他部门。通过网络还可方便地与矿级和局级计算机网络联网。

四、软件系统

KJ95 型煤矿综合监控系统之软件主要包括系统软件和应用软件两大部分，并以前、后台方式运行。

（一）系统软件（也称后台软件）

它是运行于 MS－DOS 平台之上，自计算机启动后，就首先运行并常驻计算机常规内存中。它主要完成以下功能：

（1）连续、可靠地负责和分站级设备的通信调度。

（2）连续、可靠地负责和模拟盘设备的广播式通信。

（3）连续、可靠地完成监测数据信息的预处理，按 2min 运算出模拟量平均值，以及开/停按小时计时，累计量以小时进行积分，并完成相应存储。

（4）监测（控）系统形成网络的情况下，连续、可靠地完成相应信息（历史数据，实时数据）存入网络服务器，以备各个网络工作站使用。

（5）准确、无误地处理各类报警信息，并实时进行储存。

（二）应用软件（也称前台软件）

它是建立在 WINDOWS 友好窗口化软件界面之上的各类模块化功能软件。

第一部分 系统首次开工生成操作，必须运行开工生成程序。该程序仅为设计者操

作使用,其目的有二:其一,开工生成对系统的正常运行有着非常重要的影响;其二,防止非用户拷贝使用,故该部分说明略去。

第二部分:该部分为系统应用软件,是用户需直接操作使用的部分。需要注意的是,只有进入 WINDOWS 才能运行该部分软件。目前,应用软件就其功能不同可分成:系统生成功能、召唤显示操作、辅助操作及简要说明四大部分。

第十二篇

计算机在采矿工程设计中的应用

第一章　计算机软件开发

第一节　软件开发过程

一、软件工程

软件工程是指导计算机软件开发和维护的工程学科。采用工程的概念、原理、技术和方法来开发与维护软件，把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来，这就是软件工程。

《计算机软件开发规范》(GB 8566－88)中详细规定了计算机软件开发过程的各个阶段及每一阶段的任务、实施步骤、实施要求、完成标志和交付文件。该规范的目的是使整个软件开发过程阶段清晰、要求明确、任务具体，使之规范化、系统化和工程化，向广大从事软件开发的技术人员和管理人员提供一系列行之有效的准则、方法和规程。使用该规范，有利于提高软件开发过程的能见度，有利于开发过程的控制和管理，便于采用工程化的方法开发软件，从而提高所开发软件系统的质量，缩短开发时间，减少开发和维护费用，便于软件开发和维护人员之间的协作、交流，使软件开发活动更加科学、更有成效。

一项计算机软件的筹划、研制及实现，构成一个软件开发项目。一个软件开发项目的进行，一般需要在人力和自动化资源等方面作重大的投资。为了保证项目开发的成功，最经济地花费这些投资，并且便于运行和维护，在开发工作的每个阶段，都需要编制一定的文件。这些文件连同计算机程序及数据一起，构成计算机软件。文件是计算机软

件中不可缺少的组成部分，它的作用是：

(1)作为开发人员在一定阶段内的工作成果和结束标志。

(2)向管理人员提供软件开发过程中的进展和情况，把软件开发过程中的一些‘不可见’事物转换成‘可见的’文字资料。以便于管理人员在各个阶段检查开发计划的实施进展，使之能够判断原定目标是否已达到，还将继续耗用资源的种类和数量。

(3)记录开发过程中的技术信息，便于协调以后的软件开发、使用和修改。

(4)提供对软件的有关运行、维护和培训的信息，便于管理人员、开发人员、操作人员和用户之间相互了解彼此的工作。

(5)向潜在的用户报道软件的功能和性能，使他们能判定该软件能否服务于自己的需要。

《计算机软件产品开发文件编制指南》中根据软件规模的大小列出了各阶段文件及名称，见表 12－1－1。

表 12－1－1　各阶段文件及名称

小规模软件	中规模软件	大规模软件	特大规模软件
软件需要与开发计划	项目开发计划	可行性研究报告 项目开发计划	对应于大规模软件所规定的文件可进一步细分
	软件需求说明	软件需求说明 数据要求说明	
	测试计划	测试计划	
软件设计说明	软件设计说明	概要设计说明 详细设计说明 数据库设计说明	
使用说明	使用说明	用户手册 操作手册	
测试分析报告	模块开发卷宗	模块开发卷宗	
	测试分析报告	测试分析报告	
项目开发总结	开发进度月报	开发进度月报	
	项目开发总结	项目开发总结	

注：1. 小规模软件，源程序行数小于 5000 的软件；

2. 中规模软件，源程序行数为 10000～50000 的软件；

3. 大规模软件，源程序行数为 100000～500000 的软件；

4. 特大规模软件，源程序行数大于 500000 的软件。

煤炭设计系统自 20 世纪 90 年代初开始应用软件工程开发大型工程软件“煤矿采矿设计软件包”。该项目是一个特大型采矿工程软件，共有 2000 多个模块。因为模块很多，模块之间的数据传递关系复杂，需采用统一的原理、技术和方法编写程序形成一个整体来统一运行。

二、软件开发的阶段划分

软件工程强调使用生存周期方法学和各种结构分析及结构设计技术，把软件生存周期划分成若干个阶段，每个阶段的任务相对独立，而且比较简单，便于不同人员分工协作，从而降低整个软件开发工程的困难程度；在软件生存周期的每个阶段都采用科学的管理和良好的技术，而且每个阶段结束之前都从技术和管理两个角度进行严格的审查，合格之后才开始下一阶段的工作，这就使软件开发的全过程以一种有条不紊的方式进行，保证了软件的质量，特别是提高了软件的可维护性。

软件开发的阶段划分大致如下：

(1)可行性研究阶段；

(2)需求分析阶段；

(3)概要设计阶段；

(4)详细设计阶段；

(5)编码及单元测试阶段；

(6)总体测试阶段。

对于小规模的软件，可对某些阶段进行合并。

以下概括地描述各阶段的任务、方法及表达方式。

三、可行性研究

可行性研究阶段要解决的关键问题是：系统分析员对用户提出的问题要进行一次压缩和简化了的系统分析和设计的过程，也就是在较抽象的高层次上进行的分析和设计的过程。这个阶段的任务是研究问题范围，探索这个问题是否值得去解决，是否有可行的解决办法。

用户提出的对工程的目标和规模通常是比较模糊的。可行性研究阶段应该导出系统的高层逻辑模型(最好用数据流程图表示)，并且在此基础上更准确、更具体地确定工程规模和目标，然后系统分析员更准确地估计系统的成本和效益，对建议的系统进行成本和效益分析是这个阶段的主要任务之一。

可行性研究的结果是用户决定是否继续进行这项工程的重要依据。

进行可行性研究的步骤如下：

(1)复查系统规模和目标；

(2)研究目前正在使用的系统；

(3)导出新系统的高层逻辑模型；

(4)重新定义问题；

(5)导出和评价供选择的解法；

(6)草拟开发计划；

(7)书写文档提交审查。

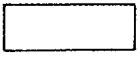
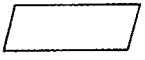
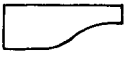
可行性研究阶段系统的表达方式主要有如下两种：

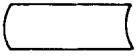
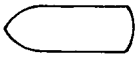
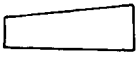
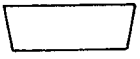
1. 系统流程图

系统流程图用来描绘未来的物理系统的概貌，是描绘物理系统的传统工具。它的基本思想是用图形符号以黑盒子形式描绘系统里面的每个部件(程序、文件、数据库、表格、人工过程等)。系统流程图表达的是信息在系统各部件之间流动的情况，而不是对信息进行加工处理的控制过程。

系统流程图的表示符号见表 12－1－2。

表 12－1－2　系统流程图的表示符号

符　号	名　称	说　明
	处　理	能改变数据值或数据位置的加工或部件，例如，程序、处理机、人工加工等都是处理
	输入/输出	表示输入或输出(或既输入又输出)，是一个广义的不指明具体设备的符号
	连　结	指出转到图的另一部分或从图的另一部分转来，通常在同一页上
	换页连结	指出转到另一页图上或从另一页图上转来
	数据流	用来连结其它符号，指明数据流动方向
	文　档	通常表示打印输出，也可表示用打印终端输出数据

符　号	名　称	说　明
	磁　带	磁带输入/输出,或表示一个磁带文件
	联机存储	表示任何种类的联机存储,包括磁盘、磁鼓、软盘和海量存储器等
	磁　盘	磁盘输入/输出,也可表示存储在磁盘上的文件或数据库
	显　示	CRT 终端或类似的显示部件,可用于输入或输出,也可既表示输入又输出
	人工输入	人工输入数据的脱机处理,例如,填写表格
	人工操作	人工完成的处理,例如,会计在工资支票上签名
	辅助操作	使用设备进行的脱机操作
	通信链路	使用远程通信线路或链路传送数据

2. 数据流程图

数据流程图描绘系统的逻辑模型,图中没有任何具体的物理元素,只是描绘信息在系统中流动和处理的情况。因为数据流程图是逻辑系统的图形表示,既使不是专业的计算机技术人员也容易理解,所以是极好的通信工具。此外,设计数据流程图只需考虑系统必须完成的基本逻辑功能,完全不需要考虑如何具体地实现这些功能,所以它也是软件设计很好的出发点。

数据流程图的表示符号见图 12 – 1 – 1。

四、需求分析

需求分析是软件生存周期的一个重要阶段,也是软件定义时期的最后一个阶段,它的根本任务是为了满足用户的需要,确定系统必须具有的功能和性能,系统要求的运行环境。需求分析的结果是系统开发的基础,关系到工程的成败和软件产品的质量。

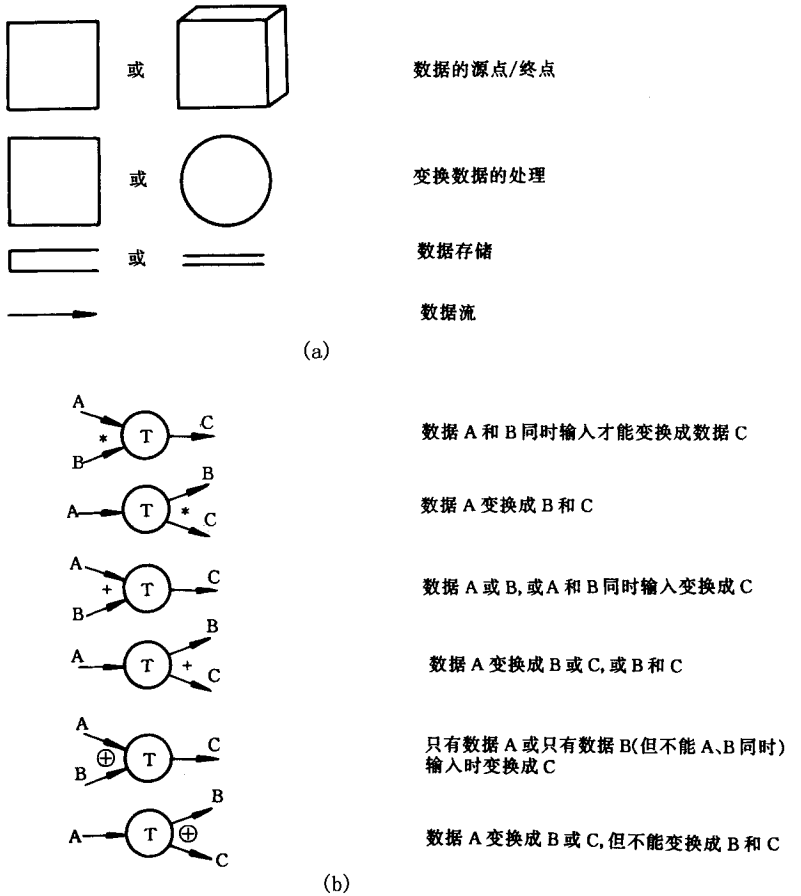


图 12－1－1　数据流程图表示符号

虽然在可行性研究阶段已经粗略了解了用户的需求,甚至还提出了一些可行方案,但是,可行性研究的目的是确定用较小的成本在较短的时间内是否存在可行的解法,因此,许多细节被忽略了。然而在最终的系统中却不能遗漏任何一个微小的细节,所以可行性研究不能代替需求分析。

需求分析的主要步骤如下:

(1)确定对系统的综合要求;

(2)分析系统的数据要求;

(3)导出系统的逻辑模型;

(4)修正系统开发计划;

(5)书写文档提交审查。

需求分析的工具和表达方式较多，但在工程软件开发过程中，利用数据流程图、数据字典、IPO 图表示的系统逻辑模型最为直观。

1. 数据流程图

可行性研究产生的系统数据流程图是需求分析的出发点。原数据流程图中已经划分出系统必须完成的许多基本功能，在需求分析阶段系统分析员要仔细研究这些功能，把数据流程图由高向低层次逐步细化，即把一个功能比较复杂的处理，分解成若干个子功能处理，以此类推，直至功能不能再分解为止。

2. 数据字典

数据字典和数据流程图密切配合，能清楚地表达数据处理的要求。数据流程图绘出了系统的组成及其相互的关系，但却未说明数据元素的含义。数据字典的任务是对数据流程图中出现的所有数据元素给出定义。数据字典由以下四种数据字典卡片组成：

(1)数据元素卡；

(2)数据流程卡；

(3)文件卡；

(4)基本加工卡。

3. IPO 图

IPO 图能够方便地描绘输入数据、对数据的处理和输出数据之间的关系。IPO 图包括内容如下：

(1)主要的输入参数；

(2)主要处理过程；

(3)主要的输出参数；

(4)局部数据元素。

五、概要设计

概要设计的基本目的就是概括地回答‘系统应该如何实现？’这个问题。通过这个阶段的工作划分出组成系统的物理元素——程序、数据库、人工过程和文档等。

概要设计阶段的另一项重要任务是确定软件的结构，也就是确定系统中每个程序由哪些模块组成，以及这些模块的相互关系。

概要设计阶段的主要步骤如下：

(1)设想供选择的方案；

(2)选取合理的方案；

(3)推荐最佳方案；

(4)功能分解；

(5)设计软件结构；

(6)数据库设计；

(7)制定测试计划；

(8)书写文档提交设计审查。

在需求分析阶段数据流程图已画得较细，因此，概要设计阶段要尽量利用需求分析的成果，采用面向数据流的设计方法，自顶向下扩展，对高层模块，采用以事务为中心的设计策略，把一个大的复杂系统逐步分解成若干个较小的、简单的暗盒模块；对低层模块，采用以变换为中心的策略，将低层的数据流程图转换成结构图，将结构图中的一个功能模块分解成分别具有输入、中心变换、输出功能的简单模块。

系统模块(或程序模块)不同于需求分析阶段的“功能模块”，它是完成系统功能的物理元素，概要设计应在原需求分析的基础上细划数据流程图，特别应注意低层模块。通过抽象、分解、组合，并在多个方案的基础上提出合理的布局方案。对于程序模块一定要具有较高的内聚性和较松的耦合性，一般每个程序模块的程序框图不超过一张 16 开纸，程序量不多于 200 行，当然这也不是绝对的，在分解一个大模块时，不能单凭语句条数的多少，主要是按功能分解，直至无法做出明确的功能定义为止。

概要设计的表达方式如下：

(1)系统结构用层次图或结构图来表示，一般较高层次采用层次图表示，低层次采用结构图表示，图的深度、宽度、扇入、扇出都应适当。

(2)模块说明采用 HIPO 图表示，HIPO 图的主要内容包括：

①模块名称；

②层次编号；

⑧输入；

④输出；

⑤处理。

(3)逻辑数据结构采用数据结构卡表示。

(4)物理数据结构采用一览表的形式表示，其内容主要包括：

①数据结构编号；

②数据结构名称；

⑧数据项名称；

④存储要求；

⑤访问方法；

⑥存取单位；

⑦存取物理关系。

六、详细设计

详细设计阶段的根本目标是确定应该怎样具体地实现所要求的系统，也就是说，经过本阶段的设计工作，应该得出对目标系统的精确描述，从而在编码阶段把这个描述直接翻译成用某种程序设计语言书写的程序。

详细设计阶段面临两个方面的问题，一个是决定实现每个模块的算法，另一个是如何正确地表达这些算法。前者从需求分析到概要设计都已充分考虑过了，在本阶段只需决定下来就可以了；后者是主要的研究对象。

适用的算法表达形式很多，常用的有程序流程图，但对于开发大型工程软件，最大的缺点是流程图麻烦，与算法语言的差别较大，把流程图转换成算法语言的难度较大。

PDL(Process Design Language)语言具有正文格式，且仅有少量的简单语法规则，大量地使用了习惯的自然语言，这就为灵活方便地描述程序算法以及提高可读性创造了良好条件。建议在今后的软件开发过程中采用 PDL 语言表达方式。

七、编码及单元测试

编码是把软件设计作进一步转换，产生源程序的过程。实际上，源程序中体现了前面各个开发阶段软件人员设计意图。按照软件工程的原则，软件项目的开发更重视前面各阶段的工作。这些工作已经为编码打下了良好的基础，主要的困难在前面各阶段已经解决，编码只是把详细设计得到的算法描述转换成某种语言表示的程序，相对而言，编码要比前面几个阶段的工作容易得多，普通的程序员完全可以胜任编码工作。

为了保证编码的质量，程序开发人员必须深刻地理解，熟练地掌握并正确地运用程序设计语言的一些特性，只有在语法上没有错误的程序才能通过编译系统的语法检查。然而，软件工程项目对代码编写的要求，绝不仅仅是源程序语法的正确性，也不只是源程序中没有各种错误，它还要求源程序具有良好的结构性和良好的设计风格。因此，编码一定要采用结构化程序设计，主要包括两个方面：

(1)编码时强调使用几个基本控制结构，尽量避免可能降低程序结构性的转向语句。

(2)在软件开发的设计与实现过程中，提倡采用自顶向下和逐步细化的原则。这一

设计原则有如下优点：

①同一层次节点上的细化工作彼此独立无关；

②任何一步发生了错误，只能影响它所在树枝的子女节点；

③测试工作可按顺序，逐个节点独立进行，最后再集成；

④每一步工作仅在上层节点的基础上作少量的设计扩展，便于检查，

⑤有利于设计的分工和组织工作。

结构化程序设计要有一种结构化设计语言来实现，目前最为流行的语言是 C + +。

编码要有良好的设计风格，具体体现在以下几个方面：

(1)符号名的命名；

(2)程序中的注释行；

(3)恰当地使用空格、空行；

(4)数据说明的次序；

(5)语句结构；

(6)输入和输出格式。

编码过程中，应及时对每个程序进行单元测试，只有每个程序都测试通过了，才能保证总体组装和测试的顺利进行。单元测试期间主要评价模块的下述五个特性：

(1)模块接口；

(2)局部数据结构；

(3)重要的执行通路；

(4)出错处理通路；

(5)影响上述各方面的边界条件。

八、总体测试

软件进行总体测试前提是软件的各个程序模块都已进行了单元测试和子系统测试。

测试阶段的关键技术问题就是设计测试方案。所谓测试方案包括预定要测试的功能，应该输入的测试数据和预期的结果。

不同的测试数据发现程序错误的能力差别很大，为了提高测试效率，降低测试成本，应该选用高效的测试数据，即选用少量‘最有效的’测试数据。

设计测试方案技术较多，但在工程软件测试中通常用黑盒设计基本的测试方案，再用白盒测试的逻辑覆盖法补充一些方案。

第二节　计算机辅助设计软件

煤炭设计系统采矿专业自 80 年代中期开始应用 CAD，各设计单位边应用边开发软件，已先后开发出巷道断面、交岔点、井底车场等施工图绘图软件；开发出了“煤矿采矿设计软件包”等阶段设计软件，这些软件的应用，极大地提高了设计速度，提高了绘图精度和设计质量。

辅助设计软件的开发离不开合适的开发平台。在微机开发平台中，美国的 AutoCAD 软件最为流行；在工作站上（SGI），已有十个设计院装备了澳大利亚 Mincom 公司推出的 Minescape 软件。这两个软件均可作为采矿辅助设计软件的开发平台，前者着重于开发施工图设计软件，后者着重于开发阶段设计软件。

一、AutoCAD 开发平台

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司推出的通用计算机辅助绘图和设计软件包，自 1982 年 12 月推出第一个版本后，经多次升级，现在的 AutoCAD 功能更加强大，且日趋完善。AutoCAD 广泛应用于机械、建筑、电子、冶金、气象等工程设计领域。具有如下主要特点：

（1）良好的工作界面以及强大的绘图与图形编辑功能；

（2）利用 AutoCAD 既可以交互方式绘图（人机对话），也可实现自动绘图（编程实现）；

（3）开放的体系结构，功能强大的应用程序编程接口（API），易于二次开发；

（4）软件易于掌握，适用于各种层次的用户。

（一）应用 Visual LISP 进行软件开发

多年来，AutoLISP 一直是自定义 AutoCAD 的标准。现在 Visual LISP（VLISP）增加了许多重要功能，是新一代的 AutoCAD LISP 语言。VLISP 对语言进行了扩展，可以通过 Microsoft ActiveX Automation 接口与对象交互。同时，通过实现反应器函数，还扩展了 AutoLISP 响应事件的能力。作为开发工具，VLISP 提供了一个完整的集成开发环境（IDE），包括编译器、调试器和其他工具，可以提高自定义 AutoCAD 的效率。

Auto LISP 是为扩展和自定义 AutoCAD 功能而设计的一种编程语言。LISP 最初是为编写人工智能（AI）应用程序设计的，现在仍是许多人工智能程序的基础。

Visual LISP(VLISP)是为加速 Auto LISP 程序开发而设计的软件工具。VLISP 的集成开发环境提供了许多功能,使编写、修改代码以及测试和调试程序更加容易。另外,VLISP 还提供了工具,用于发布用 AutoLISP 编写的独立应用程序。

1. Visual LISP 提供的功能

在 Auto LISP 应用程序的开发周期中,Auto LISP 用户要执行许多 AutoCAD 软件未提供的操作。这些操作中的某些操作(例如文字编辑等)可以由其他软件工具提供,但其他的一些操作(例如完整的 AutoLISP 源代码级的调试等)则只在 VLISP 中才能够实现。在 VLISP 中,可以在单个环境中完成绝大多数必要的操作,其中包括文字编辑、程序调试以及与 AutoCAD 和其他应用程序的交互等。

Visual LISP IDE 包括:

(1)语法检查器,可识别 AutoLISP 语法错误和调用内置函数时的参数错误。

(2)文件编译器,改善了程序的执行速度,并提供了安全高效的程序发布平台。

(3)专为 AutoLISP 设计的源代码调试器。利用它可以在窗口中单步调试 AutoLISP 源代码,同时还在 AutoCAD 图形窗口显示代码运行结果。

(4)文字编辑器,可采用 AutoLISP 和 DCL 语法着色,并提供其他 AutoLISP 语法支持功能。

(5)AutoLISP 格式编排程序,用于调整程序格式,改善其可读性。

(6)全面的检验和监视功能。用户可以方便地访问变量和表达式的值,以便浏览和修改数据结构。这些功能还可用来浏览 AutoLISP 数据和 AutoCAD 图形的图元。

(7)上下文相关帮助,提供 AutoLISP 函数的信息。强大的自动匹配功能方便了符号名查找等操作。

(8)工程管理系统。维护多文件应用程序更加容易。

(9)可将编译后的 AutoLISP 文件打包成单个模块。

(10)桌面保存和恢复能力。可保存和重用任意 VLISP 任务的窗口环境。

(11)智能化控制台窗口。它给 AutoLISP 用户提供了极大的方便,从而大大提高了用户的工作效率。控制台的基本功能与 AutoCAD 文本屏幕类似,还提供了许多交互功能,例如历史记录功能和完整的行编辑功能等。

2. Visual LISP 程序的开发步骤

用 Visual LISP 开发 AutoLISP 程序必须按以下步骤进行:

(1)明确应用程序要完成的任务以及如何完成这些任务。

开发 AutoLISP 程序的出发点是为了实现某些 AutoCAD 操作的自动化,它可能是为

了加快重复性绘图工作的步伐,或简化一系列复杂操作。

(2)设计程序。

(3)编写代码。

(4)设置代码格式以增强可读性。

(5)检查程序错误。

(6)测试和调试程序。

3. Visual LISP 程序调试

程序并非总是能够按设计者所预计的那样运行。如果程序执行的结果不对,或者引起了程序崩溃,可能很难查出程序错在何处。VLISP 提供了许多功能来帮助用户调试程序、查找并改正程序错误。

调试往往是程序开发中最费时间的过程,所以 VLISP 提供了一个功能强大的调试器,它的功能包括:

(1)跟踪程序执行过程;

(2)跟踪程序执行过程中的变量值;

(3)查看表达式的求值顺序;

(4)检验函数调用时的参数值;

(5)中断程序执行;

(6)单步执行程序;

(7)检验堆栈。

4. Visual LISP 程序编译

VLISP 编译自己的程序文件来创建单独的可执行模块,并发布给最终用户。如果应用程序包括多个文件,推荐使用 VLISP 中集成的工程管理工具来进行编译。工程管理工具将自动重编译已修改的文件,它还能让用户在不知道代码所处文件的情况下查找代码,并对函数调用和已编译文件中的局部变量进行优化。

5. Visual LISP 程序的维护

维护包含多个文件的应用程序,这种大的应用程序也称为 VLISP 工程。通过工程来维护多文件应用程序,VLISP 工程包括 AutoLISP 源文件列表和如何编译这些文件的规则集。通过定义工程,VLISP 可完成下列工作:

(1)检查应用程序中哪些 .lsp 文件已被修改,在重新编译时将仅自动编译修改过的文件,该过程即生成过程。

(2)列出与工程相关的所有源文件,使对它们的访问变得更简单。

(3)如果不知道哪个源文件包含了要查找的文本,可利用字符串搜索功能帮您查找代码段。VLISP 可将搜索限制在工程所包括的文件。

(4)通过直接链接多个源文件的相应部分,可优化已编译代码。

(二)应用 ActiveX Automation 方法进行软件开发

ActiveX Automation 是一种新的方法,通过它可以用编程方式操作 AutoCAD 图形。许多语言和环境可使用 ActiveX 编程界面,如 C++、Visual Basic 和 Delphi 等。在许多实例中,在操作 AutoCAD 图形对象时,ActiveX 的速度比传统的 AutoLISP 函数要快。可以通过 ActiveX 与支持 ActiveX 功能的其他 Windows 应用程序交互。

1. AutoCAD 对象

对象是 ActiveX 应用程序的主要组成部分。AutoCAD 图形中的直线、圆弧、多义线和圆等都被称为对象。但在使用 ActiveX 时,如下 AutoCAD 概念也被称为对象:样式设置,如线型和标注样式等;组织结构,如图层、组和块等;图形显示,如视图和视口;图形的模型空间和图纸空间;甚至连图形和 AutoCAD 应用程序本身都被认为是对象。

ActiveX 包括许多由标准 AutoLISP 函数(如 entget、entmod 和 setvar 等)提供的功能,和这些函数相比,ActiveX 运行速度更快,访问对象特性更容易。

AutoCAD 用层次结构来组织它的对象,结构的根是应用程序对象。该层次结构的视图被称为对象模型,它显示出哪个对象提供了对下一层对象的访问。

有些时候我们必须使用 ActiveX,例如从反应器回调函数中访问图形对象时,就只能使用 ActiveX。

(1)对象特性。

AutoCAD 对象模型中的所有对象都有一个或多个特性,例如,圆对象可用半径、面积或线型等特性进行描述,椭圆对象则只有面积和线型特性,而没有半径特性。但可以用其长轴和短轴的比例(即名为 RadiusRatio 的特性)来描述它,通过 ActiveX 函数访问 AutoCAD 数据时必须知道特性名称。

(2)对象方法。

ActiveX 对象也包括方法,它们是为特定类型对象所提供的动作。某些方法可应用到大多数 AutoCAD 图形对象。例如,Mirror 方法(创建对象关于镜像轴的镜像拷贝)和 Move 方法(沿指定矢量移动图形对象)可应用到大多数图形对象。相反,用于在距现有对象指定距离处创建新对象的 Offset 方法,只能应用到几种 AutoCAD 对象如圆弧、圆、椭圆和直线等。

(3)对象集合。

AutoCAD 通过集合来将对象模型中的所有对象进行分类。例如，Blocks 集合是由 AutoCAD 图形中的所有块组成的，而 ModelSpace 集合则包括图形模型空间中的所有图形对象（圆、直线、多义线等），在对象模型图表中标出了对象集合。

2. 访问 AutoCAD 对象

Application 对象是 AutoCAD 对象模型中的根对象。从应用程序对象可以访问其他任何对象，或这些对象的特性和方法。

如果要在 AutoLISP 中使用 ActiveX 函数，必须先加载支持代码来使这些函数可用。调用如下函数加载 ActiveX 支持函数：

(vl - load - com)

注意 所有使用 ActiveX 的应用程序，都应在开始时就调用 vl - load - com 函数。如果应用程序不调用 vl - load - com，除非用户已加载了 ActiveX 支持函数，该应用程序将运行失败。

在加载了 ActiveX 支持函数之后，访问 AutoCAD 对象的第一步是与 AutoCAD 应用程序对象建立联系，可如下例所示，调用 vlax - get - acad - object 函数建立该联系：

(setq aeadobject(vlax - get - acad - object))

vlax - get - acad - object 函数返回指向 AutoCAD 应用程序对象的指针，在上例中，该指针被存储在 acadobject 变量中，该返回值的类型是一种称为 VLA 对象（VLISP ActiveX 对象）的 VLISP 数据类型。

(1)使用检验工具查看对象特性。

如果要查看与应用程序对象相关的特性，可先选择指向该对象的变量（如上例中的 acadobject），然后选择 VLISP“视图”工具栏上的‘检验’按钮（如下所示）：

VLA - Object 检验窗口中列出的许多特性很容易理解。例如，FullName 是 AutoCAD 可执行文件的文件名，Version 是当前 AutoCAD 的版本，而 Caption 是 AutoCAD 窗口标题栏上显示的标题。如果特性名称后跟有[RO]标志，则说明该特性是只读的，您不能修改它。

(2)应用程序对象以下的其他 ActiveX 对象。

顺着 AutoCAD 对象模型层次图，Appication 对象的 Active Document 特性将把你带到 Document 对象，它代表当前 AutoCAD 图形。利用如下 Auto LISP 命令将返回活动文档：

(setq acad Document(vla - get - Active Document acadObject))

文档对象有许多特性。对非图形对象（如图层、线型和组等）的访问是由名称相近的

特性(如 Layers、Linetype 和 Groups 等)提供的。如果要访问 AutoCAD 图形中的图形对象,您必须访问图形的模型空间(通过 Model Space 特性)或图纸空间(通过 Paper Space 特性),例如:

(setq mSpace(vla-get-Model Space acad Document))

这时,可以访问 AutoCAD 图形或向图形中添加对象,例如,可以用如下命令将圆添加到模型空间中:

(setq mycircle(vla-add Circle mSpace(vlax-3d-point'(3.0 3.0 0.0))2.0))

(3)编程技巧。

我们应该避免反复调用函数来访问 AutoCAD 应用程序、活动文档和模型空间对象,因为它们降低了程序的运行速度。在编写程序时,应该让应用程序一次获取这些对象,然后在整个应用程序中都引用所获取的对象指针。

例如,可通过如下函数调用绘制一个圆;

(vla-add Circle(model-space)(vlax-3d-point(3.0 3.0 0.0))2.0)

model-space 函数返回活动文档的模型空间,如果必要的话,它可调用 active-document 函数访问文档对象。类似地,active-document 函数在必要时也好调用 acad-object 函数获取应用程序对象。

3. 使用 ActiveX 与其他应用程序交互

ActiveX 的作用远不止和标准 AutoCAD 对象交互,可以从其他支持 ActiveX 的应用程序访问对象。例如,可以打开 Microsoft Word 文档,从 AutoCAD 图形中获取文本数据,然后将文本复制到 Word 文档中。还可以访问 Microsoft Excel 电子表格的单元中的数据,并将它用到您的 AutoCAD 图形中。

如果要编写和其他 ActiveX,应用程序交互的应用程序代码,需要参考那些应用程序的文档,学习该应用程序的对象名称以及怎样使用其方法和特性。一般来说,在支持 ActiveX 的 Windows 应用程序的在线帮助中,会包含其 ActiveX 界面的信息。例如,AutoCAD 提供了 ActiveX and VBA Reference 和 ActiveX and VBA Developer's Guide,为用户通过 Visual Basic for Applications(VBA)使用 ActiveX 提供帮助。

4. 高级功能

反应器是一种可附着到 AutoCAD 图形对象上的对象,它能让 AutoCAD 在某些事件发生时通知应用程序。例如,如果用户移动了一个图元,而应用程序已在该图元上附着了一个反应器,应用程序将接到通知,从而知道该图元被移动。如果需要,应用程序可以用适当的动作(如移动与该图元相关的其他图元,或更新记录图形修改信息的文字标签

等)响应该通知。

反应器通过调用与它相关联的函数来与应用程序通讯,这样的函数被称为回调函数。反应器的回调函数和用 VLISP 写的其他函数没有什么不同,将它们附着到反应器事件时,它们就成为了回调函数。

(1)反应器类型和事件。

AutoCAD 反应器有多种类型,每种反应器对应一个或多个 AutoCAD 事件。不同类型的反应器可以分为如下几个大类:

数据库反应器:当图形数据库发生特定类型事件时,数据库反应器将通知应用程序。

文档反应器:如果当前图形文档发生改变(如打开新的图形文档、激活其他文档窗口、改变文档的锁定状态等),文档反应器将通知应用程序。

编辑器反应器:在调用 AutoCAD 命令(如打开图形、关闭图形、保存图形、输入输出 DXF 文件、改变系统变量的值等)时,编辑器反应器将通知应用程序。

链接反应器:当加载和卸载 ARX 应用程序时,链接反应器将通知应用程序。

对象反应器:当特定对象被修改、复制或删除时,对象反应器将通知应用程序。

除了编辑器反应器外,其他类别的反应器只有一种反应器类型。表 12 - 1 - 3 列出了 AutoLISP 代码中的所有反应器类型。

表 12 - 1 - 3　反应器类型表

反应器类型标志符	说　明
:VLR - AcDb - Reactor	数据库反应器
:VLR - DocManager - Reactor	文档管理反应器
:VLR - Editor - Reactor	通用编辑器反应器,为向后兼容而保留
:VLR - Linker - Reactor	链接反应器
:VLR - Object - Reactor	对象反应器

(2)四调函数。

在给应用程序添加反应器功能之前,首先要完成回调函数的编码,以便在发生反应器事件时执行相应任务。在定义了回调函数之后,只需通过创建反应器对象,将函数与事件相连即可。

回调函数是一个常规 AutoLISP 函数,也需用 defun 定义。但对回调函数的编码有一定的限制:不能用 command 函数调用 AutoCAD 命令,只能用 ActiveX 函数访问图形对象,在回调函数中还不能用 entget 和 entmod 函数。详细信息请参见反应器使用规则。

除对象反应器之外的所有其他反应器的回调函数,必须设计为接受两个参数:

第一个参数指定调用该函数的反应器对象。

第二个参数是由 AutoCAD 设置的参数表。

下例中的名为 saveDrawingInfo 的函数,将显示文件的路径和大小等信息。该函数将被附着到 DWG 编辑器反应器,在保存 AutoCAD 图形时将被激活:

```
(defun saveDrawinginfo (calling - reactor commandinfo/dwgname filesize)
    (vl - load - com)
    (setq dwgname(cadr commandinfo)
        filesize(vl - file - size dwgname)
)
(alert(strcat"The file size of"dwgname"is"
                    (itoa filesize)"bytes."
                )
)
(princ)
```

在该例中,变量 calling - reactor 标识了调用该函数的反应器。该函数通过参数 commandinfo 获取图形名,然后用函数 vl - file - size 获取图形的大小,最后在 AutoCAD 窗口的警告对话框中显示这些信息。

传给回调函数的参数依赖于与该回调函数相关联的事件类型。例如,

saveDrawingInfo 与 saveComplete 事件相关,该事件表明 Save 命令已完成。对于 saveComplete 事件,AutoCAD 传给回调函数一个包含保存图形的文件名的字符串。另一方面,与修改系统变量事件(sys VarChanged)相关的回调函数,接收的参数列表包括一个系统变量名(字符串)和一个指示修改是否成功的标志。在 AutoLISP 参考中,对每种反应器类型,都标明了可关联的事件列表,而对每个事件,也都给出了相应参数。事件列表在定义每种反应器的函数说明之后。

(3)创建反应器。

创建反应器时要把回调函数和事件关联起来。每种类型的反应器都有一个用于创建该反应器的 AutoLISP 函数,这些函数的名称和反应器类型的名称相同,只是没有前面的冒号。例如,vlr - acdb - reactor 创建数据库反应器,vlrtoolbar - reactor 创建工具栏反应器,依此类推。除对象反应器之外,其他反应器的创建函数需要如下参数:一是与反应器对象关联的 AutoLISP 数据;一是标识符对列表,标识事件和与该事件相关联的回调函数:(event - name callback - function)

例如,下述命令定义了一个 DWG 编辑器反应器。当用户发出 Save 命令时,该反应器将激活 saveDrawing Info 函数:

(vlr - dwg - Reactor nil,((:vlr - saveComplete. saveDrawingInfo)))

在该例中,第一个参数为 nil 是因为没有将与应用程序相关的数据附着到该反应器上,第二个参数是点对表。每个点对表都指定了反应器要通报的事件,以及该事件发生时要调用的回调函数。在本例中,只指定了一个事件 :vlr - saveComplete。只要用户发出命令,不管是从 AutoCAD 命令行、菜单、工具栏或 AutoLISP 程序,编辑器反应器都会被通知。所以,该 DWG 反应器的回调函数需要明确它应对什么事件作出响应。在该例中,save - drawinglnfo 只是检查 Save 命令。

所有的反应器构造函数都返回一个反应器对象。

(4)反应器使用规则。

由于将来可能修改反应器的内部实现机制,使用反应器时请尽量遵守下述规则,如果不遵守这些规则,可能会导致应用程序出现不可预料的结果。

第一,不要依赖于反应器通报的顺序。

除了少数特例之外,不要依赖于反应器通报的顺序。例如,OPEN 命令将触发 BeginCommand、BeginOpen、EndOpen 和 EndCommand 事件。然而,它们发出的顺序可能不是这样的。安全地依赖的顺序只有 Begin 事件是在相应 End 事件之前发生。例如 commandWillStartO 总是在 commandEndedO 之前发生,而 beginlnsertO 总是在 endlnsertO 之前发生。因为将来可能引入新的事件通报,可能会重新排列现有通报顺序,所以依赖于更复杂的顺序,可能会给应用程序带来问题。

第二,不要依赖于通报间函数调用的顺序。

在通报之间函数调用的顺序也是不能保证的。例如,当收到对象 A 的通报 :vlr - erased 时,它仅表示对象 A 被删除,如果在收到对象 A 的通报 :vlr - erased 之后收到了对象 B 的通报 :vlr - erased,这只是表示对象 A 和 B 都已被删除。它并不能保证 B 是在 A 后面被删除。如果应用程序依赖于这个层次的关系,那应用程序在后续版本的 AutoCAD 中很可能会崩溃。所以不要依赖于这些顺序,而应该依赖于用反应器来指示系统状态。

第三,不要在反应器回调函数中使用任何需要和用户交互的函数(如 getPoint、entsel 等)。

在反应器回调函数中试图执行交互函数会导致严重问题,因为在事件发生时,AutoCAD 可能仍在处理某命令。所以要避免使用要求用户输入的函数,如 getPoint、entsel 和 getkword 等,也不要使用选择集操作函数和 command 函数。

第四,在事件处理函数中不要加载对话框。

对话框和用户交互函数一样,也会影响 AutoCAD 的当前操作。然而,消息对话框和警告对话框可认为是非交互的,所以可以使用它们。

第五,不要更新发出事件通报的对象。

引起对象触发回调函数的事件可能仍在处理之中,当调用回调函数时 AutoCAD 可能仍在使用该对象。所以,在回调函数中不要试图更新该对象。然而,您可以安全地从触发事件的对象中读取信息。例如,假设有一块用砖填充的地板,而且将反应器附着到地板边界土。如果修改地板的尺寸,反应器回调函数将自动添加或删除砖以填充新的地板面积。该函数将能获取边界的新面积,但它不能去修改边界本身。

第六,不要在回调函数中执行能触发相同事件的操作。

如果在反应器回调函数中执行的某操作触发了同样事件,将陷入无限循环。例如,如果在 BeginOpen 事件的回调函数中试图打开一个图形,AutoCAD 持续打开更多的图形,直到打开的图形数目达到上限,无法再打开图形为止。

第七,在设置反应器以前要确认当前没有设置该反应器,否则可能在发生同一事件时调用多个回调函数。

第八,记住当 AutoCAD 显示模式对话框时,不会发生任何事件。

二、Minescape 开发平台

Minescape 软件是澳大利亚 Mincom 公司的一个基于交互式软件环境下开发的三维 CAD 设计软件,Minescape 软件的设计充分利用了当今世界以 Unix 为基础的图形工作站的优点,是一个全新的开放式采矿软件开发平台。

(一)技术管理环境

Minescape 技术管理环境主要由五部分组成。

1. 项目

技术管理环境的核心是环境数据库,每个项目由以后设置的数据库来定义。

当在一个新项目中执行技术管理时,项目会自动生成该数据库。项目的数据库用于对环境进行任何修改的贮存器。

2. 模块、输入、执行和监控

技术管理环境内应用程序的功能由一系列模块来提供,每个模块执行一个明确的任务,该任务清楚地定义了输入要求、处理过程和结果。

模块在执行前必须对要求输入的参数输入有效的值,用特定类型定义变量或一系列定义的规格说明来实现模块通讯。

模块运行时必须预先准备好模块所需要的输入参数,引导模块初始的步骤是:

(1)从模块控制文件中读入模块所需要的输入参数表;

(2)从全局参数或规格文件中读入当前值;

(3)建立邮箱连接,在技术管理和模块之间打开一个通讯通道;

(4)打开一个记录文件,记录所有的模块反馈;

(5)引导模块。

模块监控包括:

(1)运行期间已执行的模块;

(2)当前执行的模块;

(3)模块输出;

(4)模块开始和中止时间;

(5)有关错误信息的中止状态;

(6)模块反馈。

3. 说明及全局变量

每个模块在执行前有一系列固定参数,这些参数需要有效的输入值,说明及全局变量用于提供系统或用户定义参数缺省值。每一个 Minescape 数据屏幕显示所需输入参数的当前设置均允许用户改写或接受。

4. 文本驱动菜单

Minescape 提供了操作方便的命令菜单,并提供了良好的用户接口,用户可根据需要对菜单进行编辑、修改等。

5. 技术管理命令

技术管理中可用的命令分成下面几个大类:

(1)原生命令;

(2)数据库管理命令;

(3) Magicad 命令;

(4)内部命令。

(二)文件类型

Minescpe 文件具有 15 种不同类型,分别是 :设计文件、网格文件、表文件、报告文件、屏幕文件、绘图文件、临时文件、登录文件、数据库文件、菜单文件、用户命令文件、数据文件、表达式文件、报告定义文件和帮助文件。

其中前四种文件主要用来存贮、交换及执行模块中所需要的数据。网格文件主要存

贮有规律的采样点数据;表文件通常是随机数据和表格;设计文件主要存贮无规律的空间数据;数据文件通常是文本文件。

(三)图形环境及输出管理

Minescape 软件的图形环境由显示定义来决定,可以通过显示定义来改变输出图形(如等值线、剖面线等)的显示情况。

Minescape 软件支持多种形式的输出设备(打印机、绘图仪等),产生多种形式的输出图形,用户可以通过编辑输出配置文件来达到目的。

(四)Mincom 表达式语言(Mincom Expression Language)

Mincom 表达式语言简称 MXL,它与 MPL(Mincom Program Language)的语法是一致的,但 MXL 结构简单。用户利用 MXL 可以丰富 Minescape 软件的功能。MXL 主要由如下几部分组成:

(1)变量;

(2)常量;

(3)运算符;

(4)函数;

(5)定义常量的语言;

(6)字符串;

(7)注释;

(8)语句分隔符。

(五)插值方法

插值就是对表面值或其它值进行空间估算,即对面上任给一点(X,Y),估算其 Z 值,即 Z = F(X,Y)。

Minescape 提供了如下插值方法:

(1)三角形法;

(2)高程法;

(3)直线法;

(4)等值线法;

(5)距离反比法;

(6)多边形法;

(7)平面法;

(8)剖面法;

(9)样条法；

(10)有限元法；

(11)有限差分法；

(12)趋势面法。

(六)程序语言

Minescape 软件使用 MPL 语言，Minescape 各种环境中，都可支持 MPL 语言，MPL 主要面对 Minescape 开发和应用，MPL 除了具有高级语言所需要的基本功能外，Mincom 公司还开发了许多函数，涉及 Minescape 软件的各个方面，这些函数包括：

(1)一般应用函数；

(2)一般 MXL 函数；

(3)说明函数；

(4)表函数；

(5)网格函数；

(6)表面函数；

(7)设计文件函数；

(8) Magicad 函数。

除了以上这些函数外，为扩展其功能，满足各种不同用户的要求，MPL 设计有 C、Fortran 语言接口，以兼容用这两种语言开发的程序。

(七) Mincom 操作系统(Mincom Operation System)

Mincom 操作系统简称 Minos，它提供了一种简单的工具用于完成应用 Mincom 软件基本的操作。利用 Minos，可以进入所有 Mincom 应用程序和模块，也可以打印、绘制、复制、编辑和删除 Mincom 软件生成的文件。

(1)提供了一个简单的强有力的全屏幕交互工具；

(2)为用户执行命令提供了一个可以配置的用户菜单结构；

(3)以有组织的形式执行 Shell；

(4)为用户提供了一系列文件，并允许用户进行管理。

(八) Magicad 图形系统

Magicad(Mincom Application Graphicl Interface Computer Aided Design)是一个三维的计算机辅助设计图形系统，主要用来编辑、管理、生成其它系统输出的图形数据。图形数据既包括从各个模块(如等值线、剖面线等)输出的数据，也包括实际数据(如测量数据)。所有的图形数据均存贮在设计文件或图形数据库中。

Magicad 结构叙述如下：

1. 设计文件

设计文件有两种类型，分为三维(3D)设计文件和二维(2D)设计文件。

存储在设计文件中的数据有五种，分别是 线串、点串、多边形、文件、无点。

设计文件包含许多图，可以将包含数据的图形组成“组”，相当于 AutoCAD 中的层。图形组既可打开又可关闭，被打开的组被称为“激活”的组。一个设计文件中最多可有 1023 个组，其中 1000～1023 组由 Magicad 存贮临时文件。

每个图形由图素组成，图素的特性分为：图素标识符、显示定义、标签、X、Y、Z 坐标、用户数据、目标数据域。

2. 窗口

Magicad 通过一个图形窗口进行操作，该图形窗口由三个“子窗口”组成，分别是：图形窗口、菜单窗口、状态窗口。

此外，Magicad 还提供了“对话窗口”(该窗口显示的不是图形)。图形窗口是一个动态窗口，允许图形动态旋转。具有动态窗口是 Magicad 最具特点的地方之一。

3. 菜单

Magicad 菜单为一文本文件，用户可根据需要对其进行编辑、修改。菜单采用多级结构(主菜单——子菜单——子菜单……)，使用极为方便。

(九)地层模型(Stratmodel)

“地层模型”(以下简称“地模”)是 Minescape 的应用软件，它可以利用多种数据文件格式，建立地层三维实体模型，用以输出各种图形及报表。

1. 原始数据输入

“地模”的数据输入较灵活，可用键盘输入，也可用数字化仪在 Magicad 环境下直接采集。数据内容包括钻孔的测量数据、岩性数据及各种边界数据等，钻孔数据既包括直孔，也包括斜孔。钻孔数据输入后直接存入设计文件数据库中。

重要的曲面(如地形)可用数字化仪直接输入，也可利用测量数据生成。

2. 处理过程

“地模”的处理过程如下：利用存贮在设计文件中的钻孔数据等生成地形、装入断层、定义“地模”纲要(Schema)，生成“地模表”，然后，利用上述数据建立地层模型，最后通过对“地模”的访问产生所需的图形及表格。

“地模”处理流程见图 12－1－2，“地模”系统流程见即 12－1－3。

3. 输出

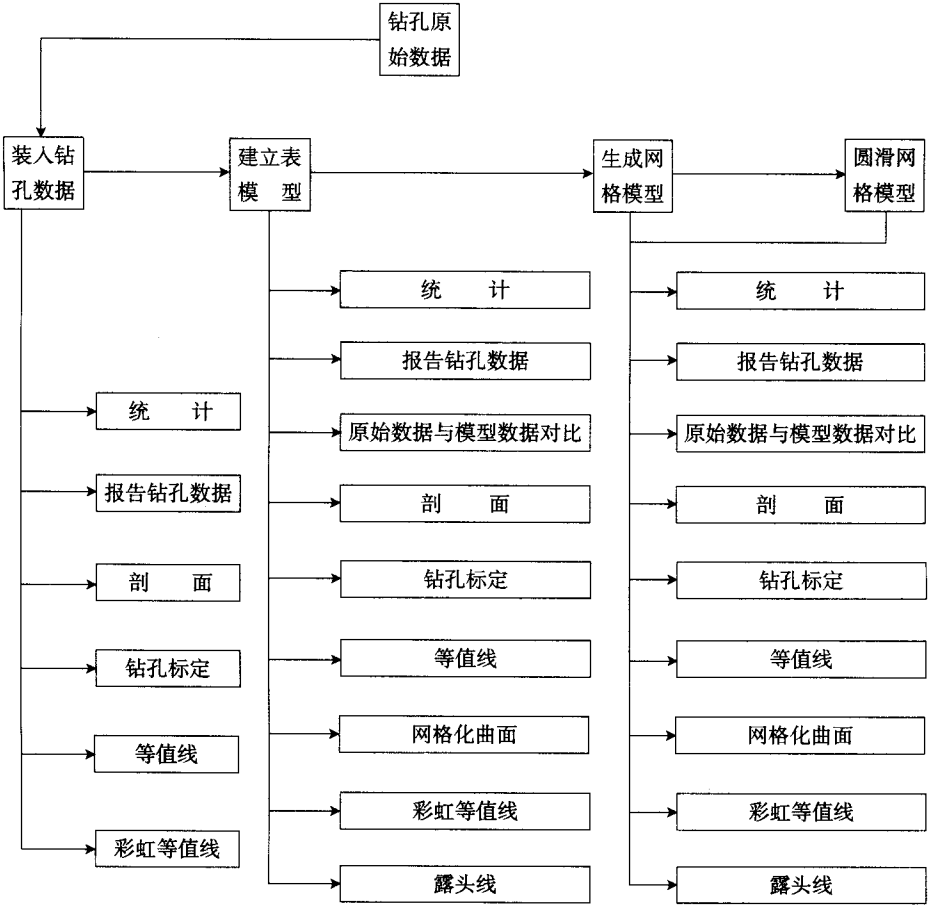


图 12－1－2　地层模型主要处理流程

“地模”可产生多种输出，分述如下：

(1)基本网格：

“地模”中的基本网格实际上就是一个经纬网，整个网的范围、空间位置及线型都可以定义。

基本网格的间距可以根据用户的需要来定，另外，基本网格上的文字大小可以灵活地改变。

(2)装入钻孔数据：

被提供的钻孔数据由两个 ASCII 文件组成，分别是钻孔测量数据和钻孔岩性数据，钻孔岩性数据可包括分界线数据(例如：第四系与基岩的分界线)。另外，在无地形测量数据前提下，可用钻孔孔口测量数据代替。

钻孔的线型、岩性类型、显示颜色及线宽、钻孔标定位置均可按用户的定义生成。

编辑修改钻孔可以通过图形方式和非图形方式来进行，既可通过 Magicad 编辑，也可通过 Minescape 来编辑。

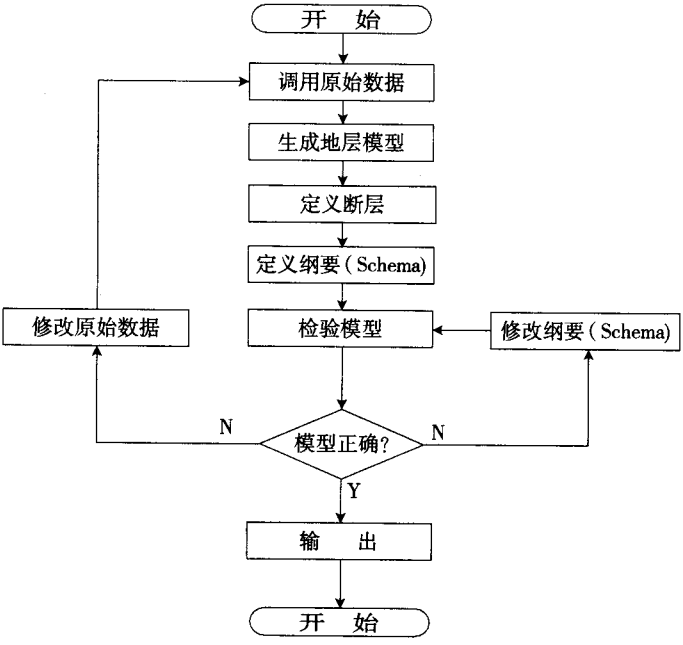


图 12－1－3　地层模型系统流程

(3)统计报告：

报告钻孔数据的统计值，以表格形式输出。该模块可完成钻孔中的各煤层、煤层顶底板的统计。统计值可以统计所有的钻孔，也可以统计部分钻孔，这由选择表达式来定。

(4)等值线：

“地模”软件具有很强的等值线处理功能，可以生成煤层底板标高、顶板标高、煤层厚度等内容的等值线图。

等值线图可由数据库、表模型及网格模型生成。

生成等值线时可选择曲线的圆滑程度，分为点圆滑、低圆滑、中级圆滑、高级圆滑。

等值线可用阴影、彩虹来描述，不同的颜色表示不同的高度，形象直观。

(5)剖面：

“地模”软件所提供的剖面，分为二维剖面和三维剖面。二维剖面只体现了剖面的平面形式，其剖面线的长度为实际长度；三维剖面可以从不同的方向来进行观测，其剖面线的长度为观测方向的投影长度。

剖面既可由“地模”数据库生成，又可通过访问“地模”生成。

(6)钻孔标定：

根据选择表达式的不同,可以煤层顶、底板的钻孔值,标定文字的形式,如文字的大小,角度均可依需要改变。

(7)网格化曲面(Mesh)：

网格化曲面,即是将‘地模’中的面进行网格化,可选择的面有顶板、底板或表面。

网格曲面的网格密度、标高范围均可定义。

Mesh 图是三维的,可实现动态显示和着色。

(8)断层：

“地模”中断层要单独定义,其装入方法有两种,一种方法是以文件的形式输入,另一种方法就是利用 Magicad 直接绘制。

所定义的断层可以是垂直断层、正断层和逆断层,不同类型的断层其落差、倾角等有不同的定义方法。

断层被建模后,通过访问‘地模’所生成的图形(例如等值线、剖面)均含断层。

总之,Minescape 软件是一个功能强大的采矿软件开发平台,可以直接利用其为采矿专业的阶段设计服务,也可以在其基础上进行二次开发,“煤矿采矿设计软件包”就是一个成功的实例。

第二章　采矿计算机优化设计

第一节　采矿计算机优化设计与软件开发方法

一、采矿优化设计及软件开发的特点

1. 采矿优化设计的特点

采矿优化设计是一个较复杂的设计优化过程，具有以下几个特点：

(1)矿井优化设计的影响因素多。不仅受井下地质条件、煤层开采技术条件等多种因素影响，还受地面条件，生产管理水平，甚至当时国家的政策及形势的影响，因此，优化设计系统属一复杂结构。

(2)诸因素相互影响，取值具有反复性。优化设计中的许多参数在设计中不可能一次求得，需要一个反复再设计的过程，因此是一个闭环系统，只有逐步求解才能实现设计优化。

(3)矿井建设周期较长，优化设计应考虑科学技术及管理水平的发展，设计要具有一定的先进性。

(4)采矿优化设计专业面广、资料多，要求各专业提供的技术数据准确可靠，才能实现矿井设计的优化。

(5)采矿优化设计诸多参数的选取，与设计人员的设计经验及水平有很大关系，同一个矿井不同水平的设计人员设计，可得到不同的结果。

(6)采矿优化设计没有固定的模式,耗力、费时。

2. 软件开发的特点

根据以上矿井优化设计的特点,在优化设计软件开发中应注意如下几点:

(1)较广泛的适应性。虽因矿井设计的影响因素多,目前难以找到一个通用的优化模型,但在软件开发过程中,要尽量全面考虑优化设计的各方面因素,使软件具有较广泛的使用范围。

(2)良好的仿真性能。矿井优化设计属于复杂的结构系统,很难找到一个最优解,故优化软件应尽量仿照人工优化设计的全过程,使优化更切合实际。

(3)充分利用计算机运算速度快的特点,解决优化设计中大量的数据计算及方案比选工作。

(4)软件开发应从实际出发,对客观情况要进行周密调查研究,不要随意忽视某些影响因素,更不要因数学模型复杂而任意简化。

二、采矿优化设计软件开发步骤

采矿优化设计软件不论是大型综合性优化软件,还是小型单项优化软件开发均需经过以下几个主要步骤:

(1)认真分析目标,广泛收集资料,充分征求设计、科研和生产单位的意见,作出系统划分,提出详细的系统功能,建立合理的数学模型,完成优化软件开发的功能需求分析。

(2)在系统功能划分的基础上,应详细整理出各功能模块的输入输出数据,作好接口设计、绘出层次图,确定系统和子系统模块的最优化计算方法。

(3)选择合理的方法(如 PDL 语言),对各功能模块进行功能实现描述,在此过程中还可对功能模块划分不合理者进行调整,以求得到最佳的模块设计结构,为编程作好准备。

(4)上机编程及单元测试,完成各模块的编程并准备数据,对各分支进行单项逐步测试。

(5)组装及系统测试。组装程序,并选择几个实例进行组装测试,验证结果,发现问题及时修改。

(6)文档编制。为方便用户,利于推广,应编写软件环境手册、用户手册、操作手册、模块开发卷宗和测试报告等文件。

三、采矿优化设计数学模型及其类型

采矿优化设计数学模型按其最优目标的数量可分为两大类:单目标优化模型和多目

标优化模型，但按建模时所运用的主要数学方法来分，矿井优化设计中的数学模型可分为以下几种：

概率统计模型、数学分析模型、线性规划模型、非线性规划模型、动态规划模型、模糊决策模型、排列模型、模拟模型和专家系统。

四、数学模型的构成要素及表达式

矿井设计优化的数学模型较多，下面仅对优化设计中最常用的模糊决策、模拟及专家系统三种数学模型作简单介绍。

(一)模糊决策模型

模糊决策模型又可细分为：多目标模糊决策法，层次权重决策分析法、模糊优先比相似选择法和意见集中排序法等，模糊决策方法很多，但均有相似之处，在此仅以多目标模糊决策法作以说明：

设决策论域 U 是评价方案的集合

$$U = \{方案\ 1, 方案\ 2, \cdots\cdots, 方案\ n\}$$

$$= \{u_1, u_2, \cdots\cdots u_m\}$$

对所研究问题起重要影响作用的常数目标函数或者因素指标的集合为：

$$V = \{f_1, f_2, \cdots\cdots f_n\}$$

因此，各方案的因素指标向量为：

$$u_j = \{f_{1j}, f_{2j}, \cdots\cdots, f_{mj}\}^T \qquad j = 1, 2, \cdots\cdots, m$$

第 i 个方案的第 j 个因素指标值记为 f_{ij}，则得 m 个方案的几个因素指标值矩阵 F：

$$F = \begin{bmatrix} f_{11}; & f_{12}; & \cdots\cdots; & f_{1m} \\ f_{21}; & f_{22}; & \cdots\cdots; & f_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{n1}; & f_{n2}; & \cdots\cdots; & f_{nm} \end{bmatrix}$$

设

$$\delta_{ij} = \frac{f_{ij}^0 - f_{ij}^1}{f_{imax} - f_{imin}}$$

$$i = 1, 2\cdots\cdots, n$$

$$j = 1, 2\cdots\cdots, m$$

式中 f_{imax}——各方案第 i 项因素指标中最大指标值，即：

$$f_{imix} = \max(f_{i1}, f_{i2}, \cdots\cdots, f_{im})$$

f_{imin}——各方案第 i 项因素指标中最小指标值，即：

$$f_{iman} = \min(f_{i1}, f_{i2}, \cdots\cdots, f_{im})$$

$$f_i^0 = \begin{cases} f_{imax}, & \text{当因素指标 } f_i \text{ 为正指标时,} \\ f_{imin}, & \text{当因素指标 } f_i \text{ 为负指标时,} \end{cases}$$

f_{ij}——各因素指标值,为定量指标,若为定性指标时需量化;

δ_{ij}——相对偏差值。

$m \times n$ 个相对偏差 δ_{ij},构成一个模糊矩阵:

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta_{11}; & \delta_{12}; & \cdots\cdots; & \delta_{1m} \\ \delta_{21}; & \delta_{22}; & \cdots\cdots; & \delta_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \delta_{n1}; & \delta_{n2}; & \cdots\cdots; & \delta_{nm} \end{bmatrix}$$

运用德尔斐法,由专家评定出各影响因素或者常值目标函数权系数 a_i,即可绘出因素重要程度模糊子集。

$$A = (a_1, a_2, \cdots\cdots, a_n)$$

计算加权相对偏差距离:

$$d_j = d_j(u_j, f^0) = \frac{1}{a}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(a_i \cdot \delta_{ij})^2}$$

$$j = 1, 2, \cdots\cdots, m$$

式中 $a = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n}$ 为 n 项指标权值的平均值。

设把由 m 个方案中的几个因素指标的标准值向量 $f^0 = (f_1^0, f_2^0, \cdots\cdots, f_n^0)$ 构成的方案拟定为最理想方案,则 m 个决策方案中与最理想方案之间的加权相对偏差距离 d_j 最小者相对应的方案 u_i 应为最优方案,即当:

$$d_j = d_j(u_j, f^0) = \min(d_j)$$

$1 \leqslant j \leqslant m$ 时,方案 u_i 为最优方案。

(二)模拟模型

模拟模型可根据系统是否与时间因素有关而分为静态模拟模型和动态模拟模型两大类。静态模拟模型正如投掷硬币实验,以求得出现正面或反面的频率近似为 0.5 一样,模型原理比较简单,在煤矿实际中应用较少;动态模拟模型是一种用来模拟离散的、动态的及随机的模拟模型,在煤矿矿井设计及生产实际中应用较多,根据模拟方法亦可分时间步长法和最短时间事件步长法两类。

1. 时间步长法

一个系统各种量和参数往往随着时间的变化而变化，可把时间分成等段，随时间的推进来模拟求得各段时间内各种量和参数的变化，用图 12－2－1 可以看出时间步长法动态模拟模型的原理。

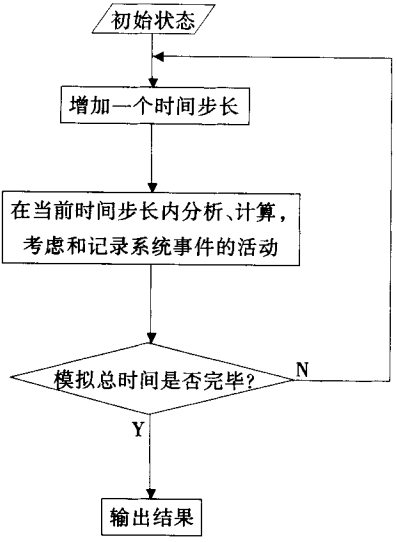


图 12－2－1　时间步长法模拟模型图

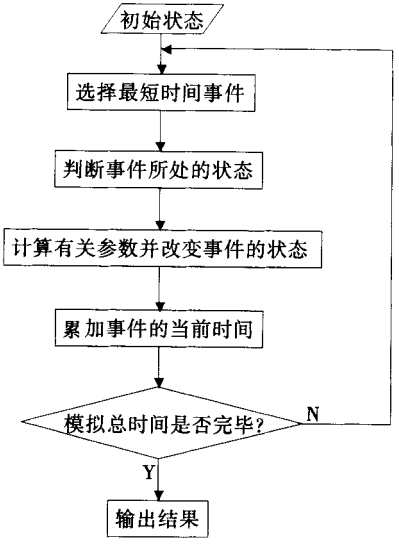


图 12－2－2　最短时间步长法模拟模型图

该模拟模型可用于煤矿煤仓容量模拟,主、辅运输系统模拟及提升系统模拟等。

2. 最短时间事件步长法

该方法不同于时间步长法以相等时间为增量,而是把处理许多事件中所用的时间最短的事件作为增量,来考虑系统中各种量和参数的变化,其模型原理见图 12 – 2 – 2。

此类模拟模型主要应用于矿井采区接替配产模拟、工作面接替配产模拟及井底车场调度机车模拟等。

(三)专家系统

专家系统应用于社会科学的各个领域,其功能亦多种多样,但从专家系统内容结构上,大体上由知识库、推理机构、用户界面、中间数据库、知识获取器和解释器六部分组成,其专家系统结构见图 12 – 2 – 3。

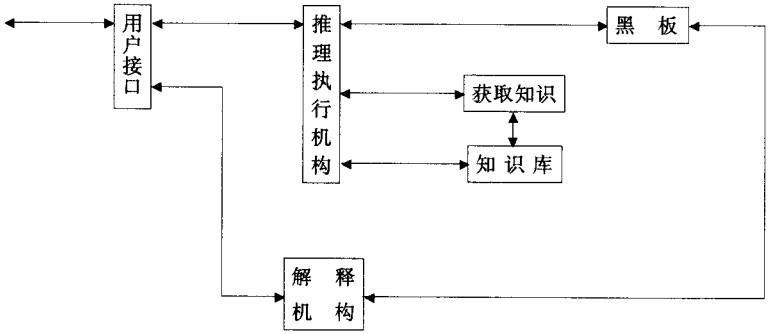


图 12 – 2 – 3　专家系统结构图

(1)用户接口 :专家系统与用户间的基于声、文、图、象的接口,它提供手段向系统提出问题或下达指令,并从系统获得答案和解释,一般包括输入输出两大部分。

(2)推理机构 推理机构是专家系统工作的核心,是用于协调和控制整个系统,执行各种任务、进行各种推理和搜索等功能的程序模块。

(3)知识库 存放着某领域的专门知识(包括事实及启发性知识两部分),一般常识和普适规则等等。

(4)中间数据库(或称‘黑板’) :这是专家系统在执行与推理过程中用以存放中间结果或论据等工作的存储器。首先把专家系统从外界获得的关于欲解问题的事实和初始状态、初始数据等写入“黑板”,然后,专家系统根据黑板和知识库的内容进行各种可能和需要的搜索、匹配和推理等动作,不断以新的中间结果修改、替代或补充黑板的内容。其间,必要时还可询问用户,以求获得解题必要的补充知识,这些后来从用户得到的信息也被记录在‘黑板’上,以便以后与其它已在‘黑板’上的内容一起参与后续的推理过程。专

家系统就是如此循环往复地不断改变“黑板”的内容，以至最终获得问题的解答。

“黑板”的内容动态地控制着专家系统的工作过程，故有时亦称为“动态数据库”。

(5)知识获取器(或学习模块)：它的功能在于根据系统运行的经验自动地不断修正和补充知识库的内容，或者能根据专家或书本提供的知识(以自然语言或某种形式语言表示的)，经过理解并编辑成所需的内部形式，作为新知识加入知识库。

(6)解释器：它是解答用户对专家系统的行为询问“为什么？”或“如何？”等问题的程序模块，即具有解释功能，也可发现系统错误或不合理性，并对知识库或推理机构进行调试。

专家系统在矿井设计及生产实际中应用刚刚起步，已有矿井提升设备选型专家系统及 PROSPECTOR 探矿咨询专家系统。

第二节　煤矿采矿设计软件包

一、采矿设计软件包开发

70 年代末，我国煤炭系统对系统工程理论和计算机技术应用的研究开始起步，取得了一些阶段性的成果。例如在矿床地质模型、矿井优化、矿井运输模拟等方面，开发完成了由 32 个软件组成的采矿设计软件包(一期工程)。由于受当时计算机软、硬件等技术条件的限制，特别在软件包的整体性、CAD 水平和仿真性能等方面还很不够，因此，这些成果还不能真正地形成一个有机的整体。为此，煤炭设计系统从 1991 年底正式着手采矿设计软件包二期工程(正式命名为“煤矿采矿设计软件包”)的研究、论证，1993 年正式转入开发阶段 1996 年底开发完成并通过部级鉴定。

(一)总体开发目标

(1)完成煤矿现代化矿井阶段设计采矿专业方案优化(或优选)。

(2)完成煤矿可行性研究和初步设计两个阶段设计中图形的绘制、表格及设备清册等文档输出。

(3)提高设计自动化程度，处理好人机交互环境，缩短设计周期，提高设计效率。

(4)提高设计参数精度，使设计计算、绘图标准化，比传统的设计手段在设计质量上有明显的提高。

(5)提高设计工程效益,通过利用计算机辅助设计,优化设计方案,进一步促进矿井设计合理布置,节省基建投资,降低生产经营费用,缩短矿井建设周期,使设计推荐的方案体现良好的经济效益。

(6)适应采矿设计特点,使采矿设计软件包在地质模型的基础上,各系统既能独立运行,又能联合运行。

(7)充分利用先进的设备和手段,并应考虑计算机的发展,高起点开发采矿设计软件包。

(二)适用范围

矿井井工开采设计是一个相当复杂的过程,前面一个参数的求得,往往需要对后面计算的参数进行假定;后面参数结果的改变,往往需要对前面一些参数进行重新计算。软件包需要考虑基建生产中各方面问题及多种影响、制约因素,且矿井煤层赋存条件相差悬殊,矿井开发方案变化多,难以研制出一种适用于所有条件的通用模型。因此本软件包主要用于倾角小于25°、矿井设计生产能力大于或等于0.3Mt/a、地质条件简单到中等的矿井,对于地质条件复杂和特殊条件的矿井,通过增加人工干预等措施,也可以使用本软件包。

(三)运行环境

1. 硬件设备

(1)SGI 三维图形工作站。

(2)微机。

(3)输入设备 数字化仪、鼠标、键盘、扫描仪。

(4)输出设备 打印机、绘图机、图形终端。

2. 支持软件

(1)操作系统:Unix 系统、MS—DOS、Windows。

网络协议:TCP/IP。

微机网络文件系统:PC—NFS。

(2)编程语言:C++、FORTRAN、MPL、Visual Basic。

(3)软件开发平台:Minescape、AutoCAD。

(4)数据库管理系统:Table、FoxBASE。

3. 图形标准

DWG

DGN

图形交换文件按 DXF 格式

二、软件包系统组成及系统流程

采矿软件包共由 10 个系统组成，分别是：

(1)地质模型系统；

(2)开拓系统；

(3)开采系统；

(4)井筒系统；

(5)井底车场系统；

(6)井下运输系统；

(7)通风与安全系统；

(8)建井工期系统；

(9)经济指标库；

(10)规程、规范及技术指标数据库。

其中，第 10 个系统独立运行，前 9 个系统既可独立运行，也可联合运行。为了能使前 9 个系统联合运行，还开发了一个公用数据库，用以管理各系统之间的数据传递及管理。

采矿软件包总系统流程见图 12－2－4。

采矿软件包数据流程见图 12－2－5。

三、各系统功能及数据流程

(一)地质模型系统

地质模型系统是采矿软件包的基础，开发该系统的主要目的在于建立一个体现与地质报告提供的地质条件近似的矿床实体，且能反映煤层赋存位置及空间变化规律，煤层与各类岩层岩性的三维矿床模型，用以完成各种地质平、剖面图的绘制，各种储量计算及向本软件包的其他系统传递必要的数据和图形。该系统主要功能如下：

(1)地质数据库管理 提供地质钻孔、煤层、煤质等数据的录入与编辑修改。

(2)地质规则管理 提供生成地质模型所用各种规则的列表、生成、修改、删除、复制等功能。

(3)生成三维地质模型 通过输入的钻孔测量、岩性数据及断层数据建立三维地质层状模型，模型可用离散型的表格表示，也可用网格方式表示。

(4)访问地模 提供访问地质模型数据的各种功能。

(5)文件管理与维护 :提供地模各种数据文件的管理与维护功能,包括数据文件的列表、生成、显示信息、编辑、修改、删除、复制、输入、输出等功能。可供管理的数据文件有以下几类:

数据文件、表格文件、网格文件、设计文件、报告文件、表达式文件、用户命令文件。

(6)地模层与面的维护 :提供地模生成的层与面的管理与维护功能。

(7)地模图形管理 :用于生成地模的各种图形如下:

①钻孔标定图;

②三维网格图;

③剖面图;

④统计报告图(直方图等);

⑤基本坐标网;

⑥面等值线图。用于各种空间曲面等值线图;

⑦层等值线图。用于绘制层的底板、顶板及厚度等值线图;

⑧表达式面等值线图;

⑨煤质等值线图;

⑩煤的露头线;

⑪各种面或层的彩虹等值线图。

(8)图形输出的管理 :用于管理输出图形的格式及比例等。

(9)储量计算 :用于计算矿井地质及可采储量。

(10)地质数据统计及地质块段开采条件评估 :用于统计地质数据,生成统计报告,并对块段的开采条件进行评估。地质模型系统数据流程见图 12 - 2 - 6。

(二)开拓系统

以地质模型为基础,模拟人工设计过程,提出各种矿井开拓方案,采用层次模糊多目标决策及相似优先比模糊决策经济数学模型对矿井开拓方案进行决策,该系统主要功能如下:

(1)提出矿井生产能力方案,计算各类保护物的煤柱保护范围,计算煤柱、估算矿井可采储量,提出矿井生产能力方案并计算相应的服务年限。

(2)提出井口位置方案,显示地表、地形及地物,利用人机交互方式在地形图上选取井口位置方案,计算工广保护煤柱。

(3)水平划分 :根据《煤矿矿井设计规范》及《煤矿安全规程》划分阶段,计算水平参数,产生水平标高方案,然后进行编辑、修改。

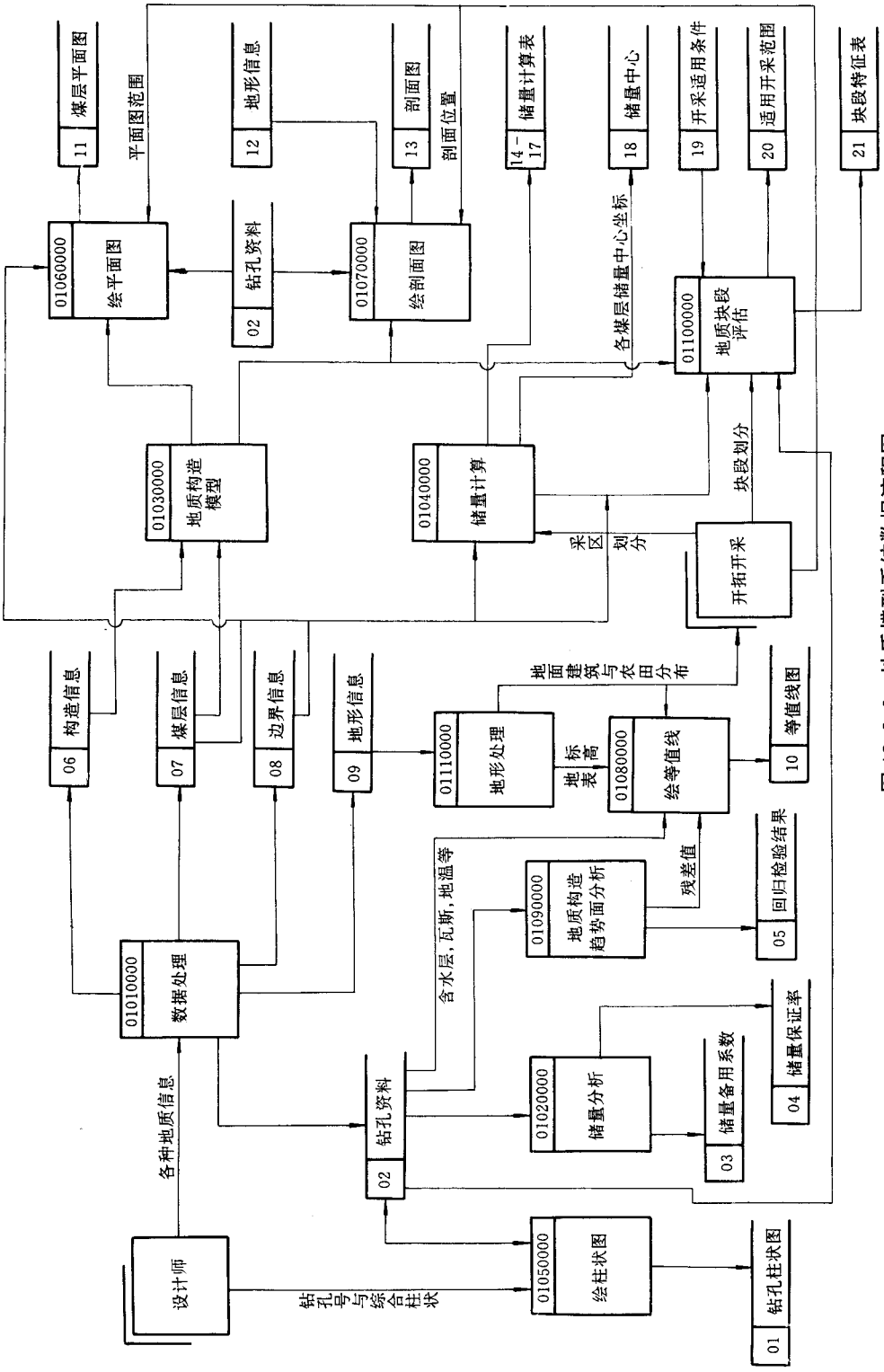


图 12-2-6　地质模型系统数据流程图

(4)由计算机提供所选择井口位置处第四系冲积层厚度,选择井筒形式方案(立井、平硐、斜井)。

(5)调用地质模型,对煤层群进行分组,对圈定范围进行地质条件分析,初步确定采区的机械化水平及采区参数,利用人机交互方式对采区进行划分。

(6)判断煤层上行开采的可行性,提出首采区方案并进行方案优选。

(7)调用地质模型,布置大巷(或石门)。

(8)计算风井数目,初步确定风井参数,确定各风井位置。

(9)对采区内工作面切割划分,并进行属性处理和配产模拟 ,对采区进行接替模拟。

(10)计算矿井技术经济指标。

(11)对矿井开拓方案进行决策。

(12)输出成品图纸及各种表格。

矿井开拓方案优化系统数据流程见图 12 - 2 - 7。

(三)开采系统

以地质模型为基础,模拟人工设计过程,采用以吨煤费用为最低的单目标决策数学模型对采区参数进行优化,按三维视图原理,对巷道进行消隐处理。该系统主要功能如下:

(1)对给定区域进行地质条件分析。确定其采煤工作面机械化程度,主要包括 地质构造评价,煤层结构评价,煤层直接顶分类,煤层老顶分类、煤层底板分类、煤层稳定性评价,采用多目标决策确定采煤工作面机械化程度。

(2)采区参数优化。通过拟定采区巷道布置形式,选择采掘设备,计算采区各类费用,确定采区参数。通过多方案优化,确定合理的工作面参数。

(3)选择采区内采掘设备。可以查询采掘设备数据库,直接选取各类设备,也可以根据煤层地质条件及开采技术条件,程序自动选取合适的设备,输出采掘设备配备表及采区机电设备清册、投资。

(4)布置采区巷道。根据已确定的采区工作面个数及采区巷道布置方式,布置单线条巷道,确定巷道断面,对巷道布置图进行单线变双线,交叉巷道消隐处理,标注尺寸及文字,输出巷道工程量表、巷道断面特征表及巷道基建投资。

开采系统数据流程见图 12 - 2 - 8。

(四)井筒系统

以井筒设计理论为基础,考虑矿井初步设计井筒部分的设计特点,采用设计“仿真”技术,尽可能模拟人工条件下的井筒设计过程,以此为基础建立井筒系统的开发模型。该系统主要功能如下:

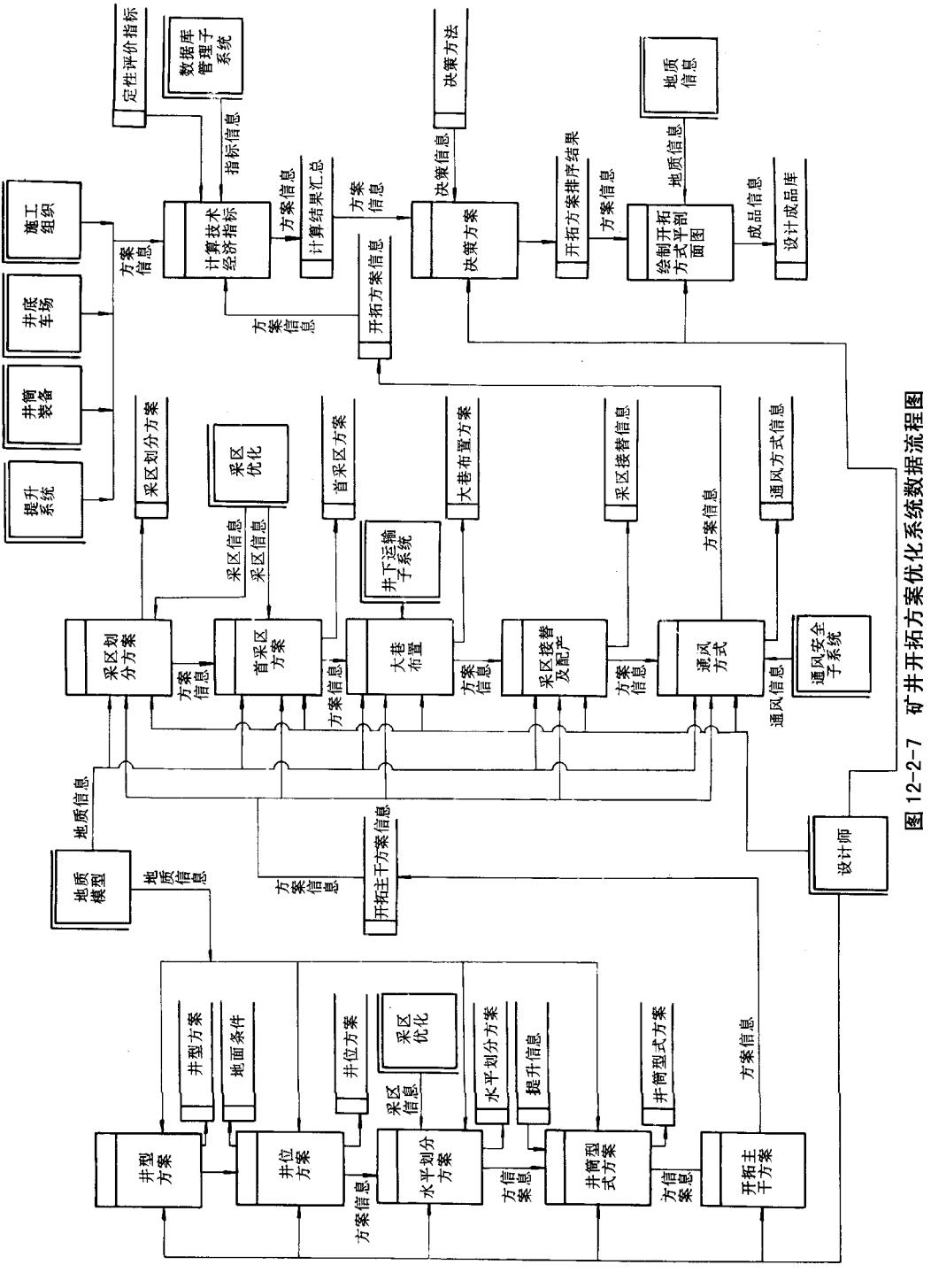


图 12-2-7　矿井开拓方案优化系统数据流程图

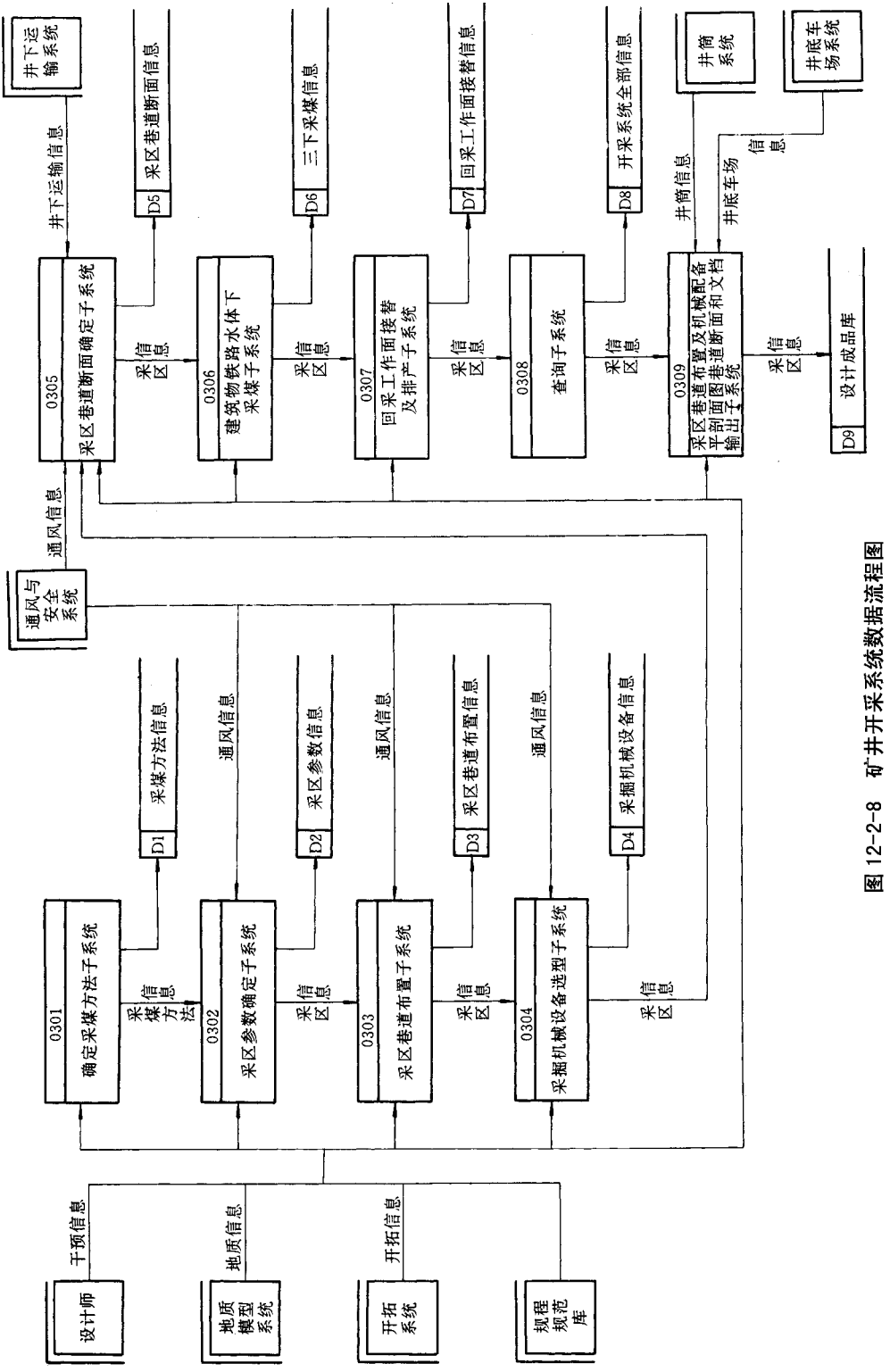


图 12-2-8　矿井开采系统数据流程图

(1)根据井筒穿过的地层条件,自动选择井筒施工方法。

(2)根据地层条件,通过人工干预选择合理的井筒支护方案。

(3)采用积木拼装方式和拖动方式相结合的方法合理布置井筒断面内的各种设备和设施。

(4)生成矿井井筒有关附图、插图、表格等。

(5)计算井筒工程量、材料清册及井筒投资。

(6)对已设计的矿井井筒和正在设计的矿井井筒有关特征数据以数据库形式存储,以供查询、编辑等。

井筒系统数据流程见图 12 – 2 – 9。

(五)井底车场系统

以现有的设计理论为基础,模拟人工设计过程,建立井底车场系统开发模型。采用时间—事件步长模拟方法对井底车场列车运行过程进行模拟。验证车场线路设计的合理性。该系统主要功能如下:

(1)采用类比法或框架法提出井底车场方案。

(2)绘制井底车场平面图、坡度图、断面图,并输出。

(3)绘制列车运行调度图表,验算井底车场通过能力。

(4)计算井底车场巷道及硐室工程量,也可以快速估算井底车场工程量。

(5)计算各项费用,对井底车场方案进行决策。

(6)输出工程量表、巷道断面特征表及材料清册等。

井底车场系统数据流程见图 12 – 2 – 10。

(六)井下运输系统

以矿井运输工艺为基础,采用专业设计‘仿真’模型,并引进系统工程中成熟的理论和方法,建立其方案优化(优选)模型,该模型将主运输与辅助运输有机地结合起来。该系统主要功能如下:

(1)形成主运输方案,选择主运输设备。

(2)形成大巷及采区辅助运输方案,选择辅助运输设备。

(3)优化主运输、辅助运输系统及运输系统整体优化。

(4)模拟主运输系统。

(5)管理运输设备库。

(6)形成运输方案比较表,运输设备清册并输出。

井下运输系统数据流程见图 12 – 2 – 11。

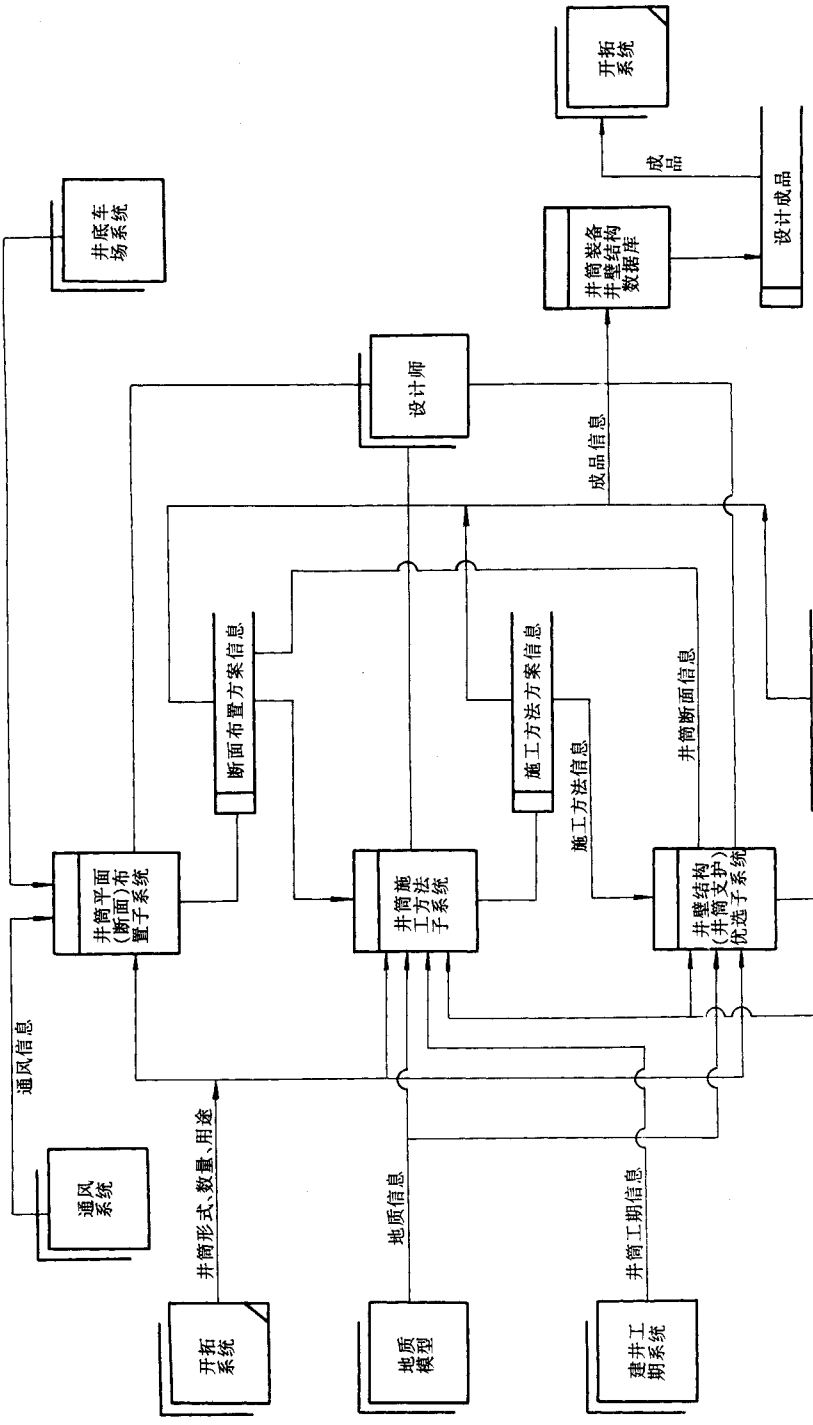


图 12-2-9　井筒系统数据流程图

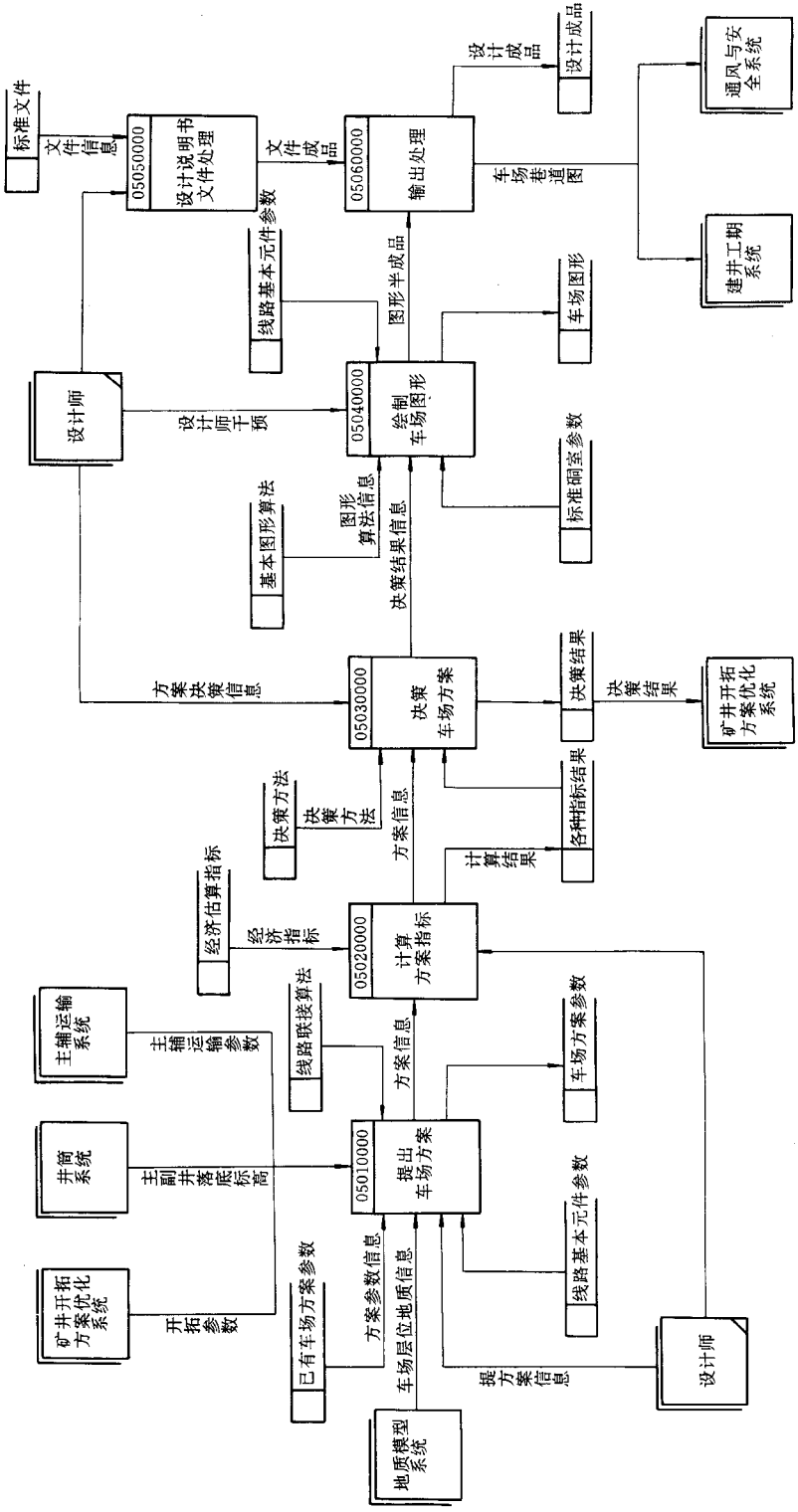


图 12-2-10　井底车场系统数据流程图

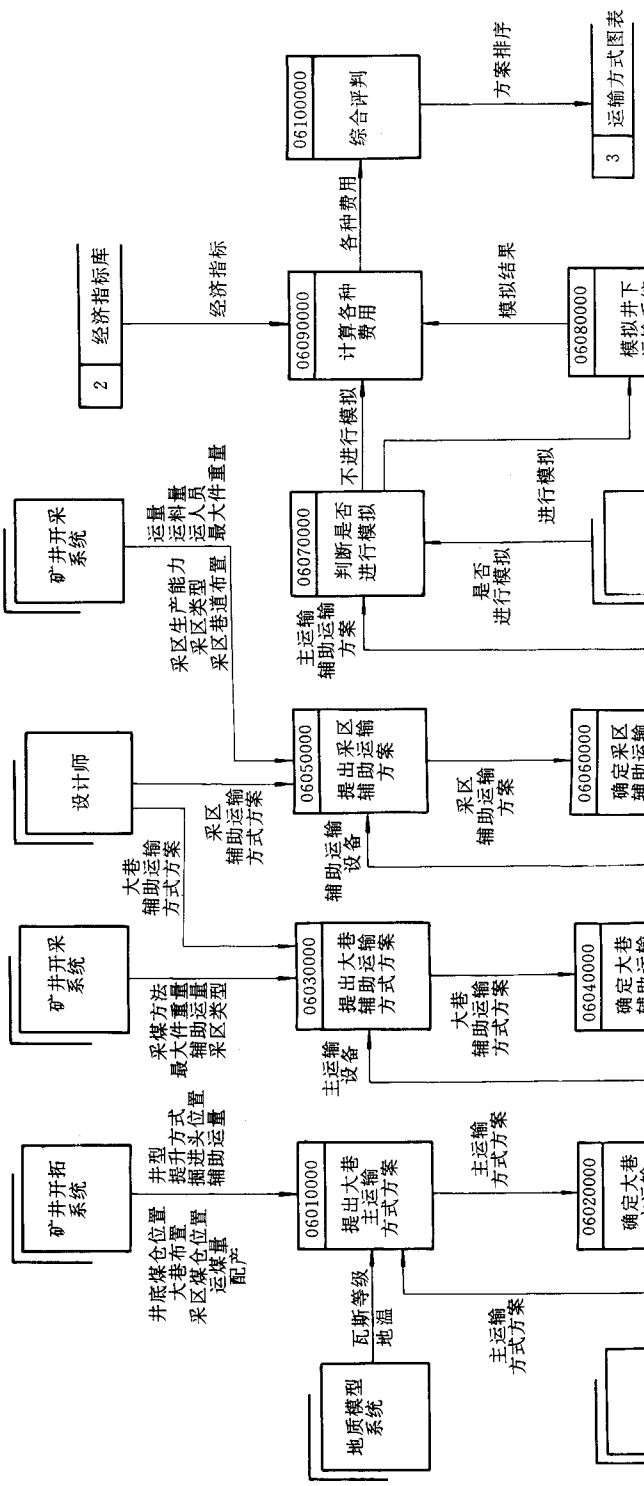


图 12-2-11　井下运输系统数据流程图

(七)通风与安全系统

该系统主要功能如下：

(1)通风与安全仪器、仪表及装备数据库管理，可提供矿井通风与安全单项设备，也可以按矿井不同地质条件和井型提供成套设备。

(2)矿井瓦斯预测及防治，可选择多种方法计算矿井瓦斯涌出量和瓦斯抽放量，并进行管网设计。

(3)矿井通风系统优化，计算矿井总风量及各需风点风量，自动形成矿井通风网络，并对网络进行解算，优化矿井巷道断面和负压，自动生成通风系统示意图。

(4)矿井气温预测及热害防治，采用‘矿井温度湿度双向迭代法’对矿井气象参数预测，计算矿井需冷量，进行矿井空调设计。

(5)计算矿井灌浆参数，选择灌浆管道。

通风与安全系统数据流程见图 12－2－12。

(八)建井工期系统

该系统主要功能如下：

(1)采用极大代数法和矩阵乘法，求解网络工期，同时计算出各工序的最早开工时间，并找出网络中的主要矛盾线。

(2)由网络解算结果，自动生成井巷工程施工网络图，同时提供简单的图形编辑环境，可以对网络图中各节点拉伸来调整图面布局。

(3)自动生成各工序的施工横道图，同时提供年度井巷工程量表。

(4)输出矿井达产计划表。

建井工期系统数据流程见图 12－2－13。

(九)经济指标数据库管理系统

本系统以《煤炭井巷工程综合预算定额》、《煤炭井巷工程辅助费综合预算定额》、《煤炭特殊凿井工程综合预算定额》及《矿井生产经营费用指标》(包括提升、运输、通风、排水、巷道维护等共 16 分册)为基础，建立了经济指标库共分八类，共计 42 个子库，完全可以满足采矿专业矿井可行性研究和初步设计中方案比较及井巷工程费用计算的需要。

在上述数据基础上，建立了经济指标数据库管理系统，该系统主要功能如下：

(1)费用指标查询、计算：可实现对巷道掘进费等井巷工程施工费用及井筒提升费等生产经营费的查询计算，各功能模块均可独立运行，并与其它系统有可靠的接口，其它系统可直接调用本系统相应的功能模块，通过本系统功能模块操作相应数据库，将所需要的费用返回调用系统，也可以通过菜单及屏幕界面，对经济费用指标进行查询和计算。

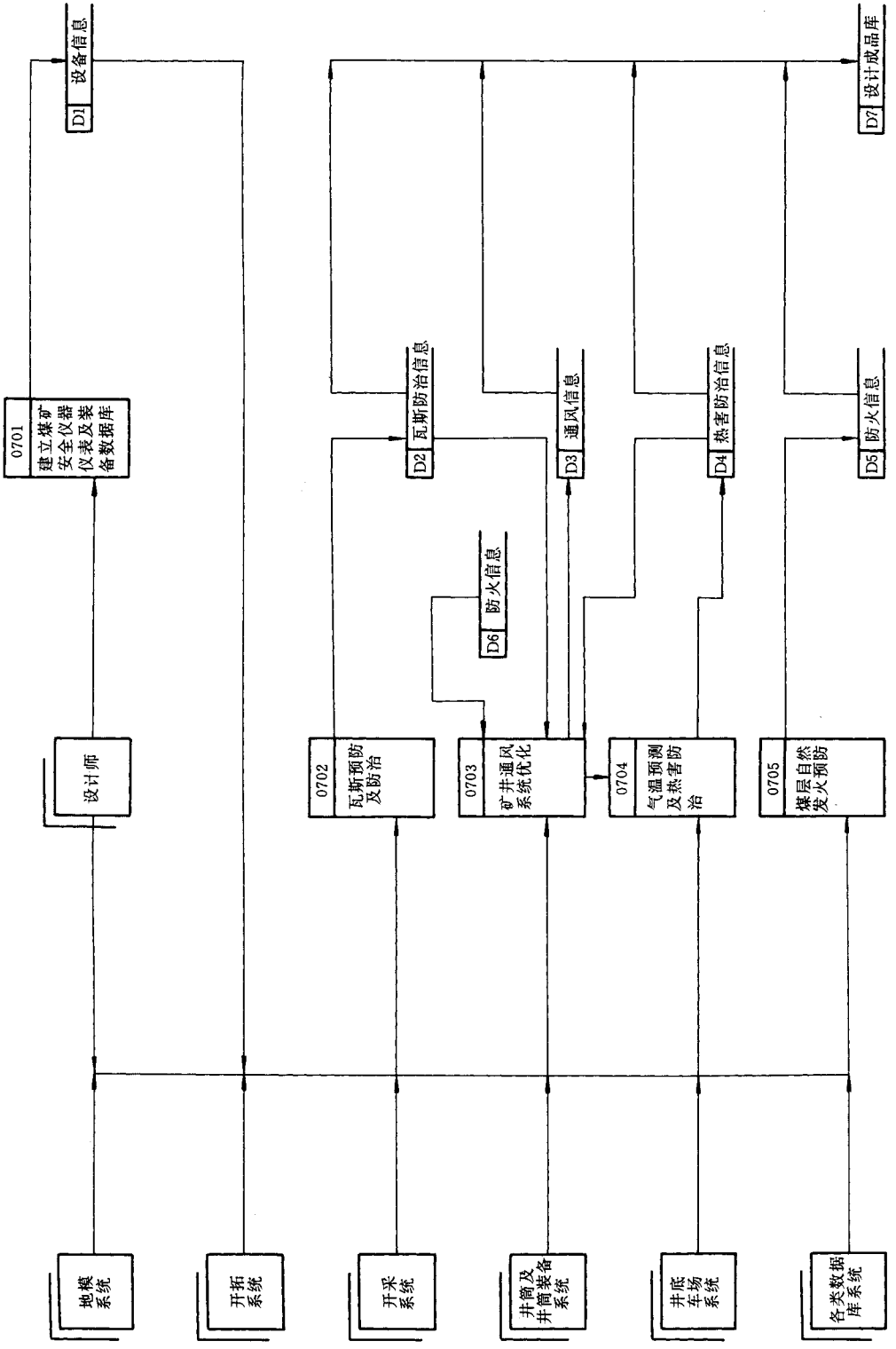


图 12-2-12　通风与安全系统数据流程图

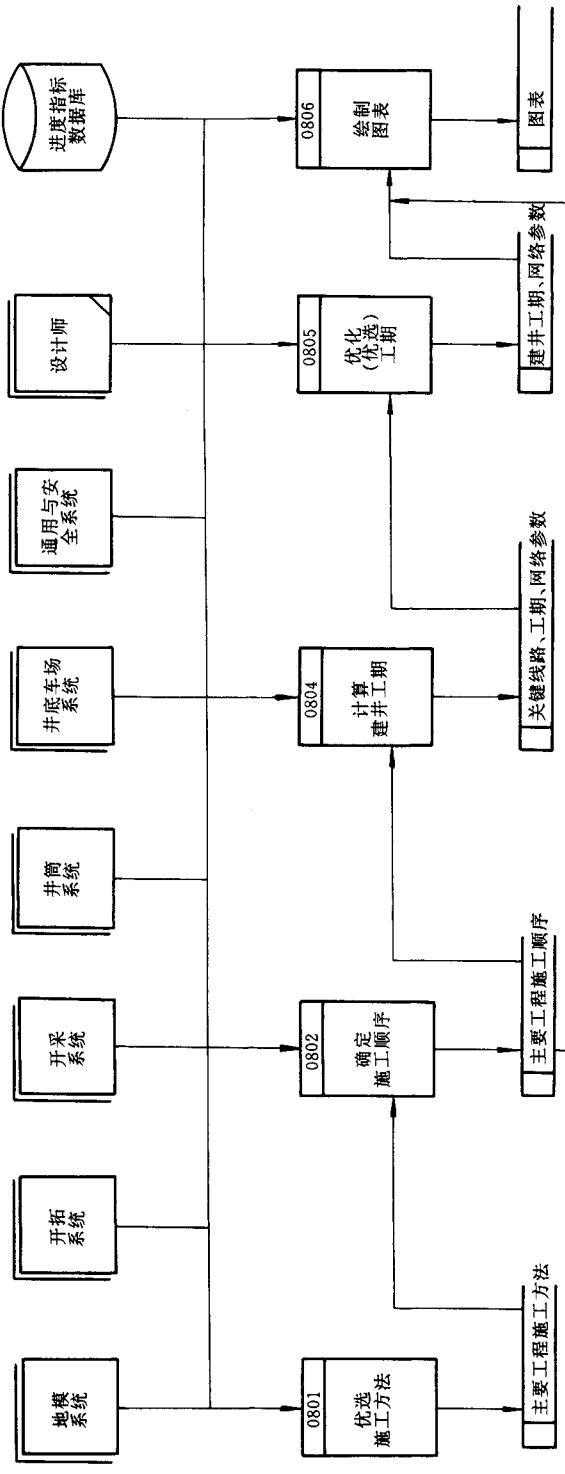


图 12-2-13　建井工期系统数据流程图

(2)费用指标增加 :经济指标数据库的管理功能子系统,对于上级部门颁布的新增指标,通过该子系统将分类加入相应的数据库中。

(3)费用指标修改 :用于对经济指标数据库中过时或错误的指标进行个别或整体修改。

(4)费用指标删除 :用于将作废的经济指标从相应的数据库中删除。

(十)规程、规范及矿井技术经济指标数据库

本库共分为两部分 :一是规程、规范库,二是矿井技术经济指标库。

规程、规范库包含了《煤矿安全规程》、《煤炭工业矿井设计规范》等 60 本我国煤炭工业现行的有关规程、规范或规定中有关采矿专业的内容,以此为基础,建立了规程、规范数据库管理系统,具有查询、增加、删除等功能。

矿井技术经济指标库包含了我国近期投产或在建的 145 对矿井的技术经济指标,在此基础上建立了矿井技术经济指标库管理系统。该系统主要功能如下:

(1)统计检索:

①对相同井型或某一矿务局的矿井技术经济指标进行检索和专项统计;

②对库中收集的所有矿井进行检索和统计。

(2)矿井选择 :给出井型、瓦斯等级、最大涌水量的上下限,选出满足这些条件的所有矿井,并可对这些矿井进行查询。

(3)打印记录 :打印某矿井的全部或部分技术经济指标。

第三章　井筒与硐室设计软件

第一节　立井井筒设计软件

立井井筒设计软件不仅能对井筒设计进行计算、而且能绘制绝大部分图形。目前，已开发的设计软件有：钻井法井壁结构设计软件；主副井井筒装备零构件设计软件；风井井筒装备设计软件等。

一、钻井法井壁结构设计软件

以钻井法井壁结构设计理论为基础，按人工设计的过程，对井壁进行各种计算并生成施工所需图纸。主要功能为：均匀或非均匀地压计算，井壁厚度计算，配筋计算，井壁强度及稳定性验算，法兰盘、吊环及井壁底计算等；生成钻井井壁结构有关施工图，筒体结构（各段井壁配筋图），节间注浆图，局部放大图，井壁底浮起时的井壁结构图，法兰盘结构图，岩层柱状图，井壁与岩层对比图等。

钻井法井壁结构软件系统流程见图 12－3－1。

二、主副井井筒装备零构件设计软件

主副井井筒平面布置形式千变万化，其设备及其布置也多种多样，没有统一标准和固定的形式。主副井井筒装备零构件软件能完成钢轨罐道、球扁钢组合罐道、槽钢组合罐道的主副井装备部分零构件设计与绘图，包括罐道梁及支座、罐道、固定罐道所用的所

有构件、悬臂支座等。

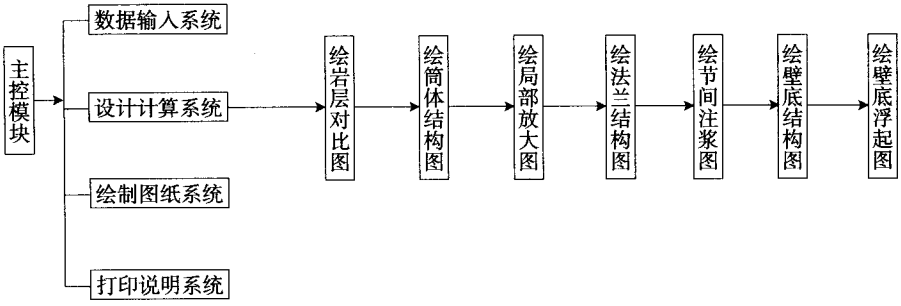


图 12－3－1　钻井法井壁结构软件系统流程图

主副井井筒装备零构件软件系统流程见图 12－3－2。

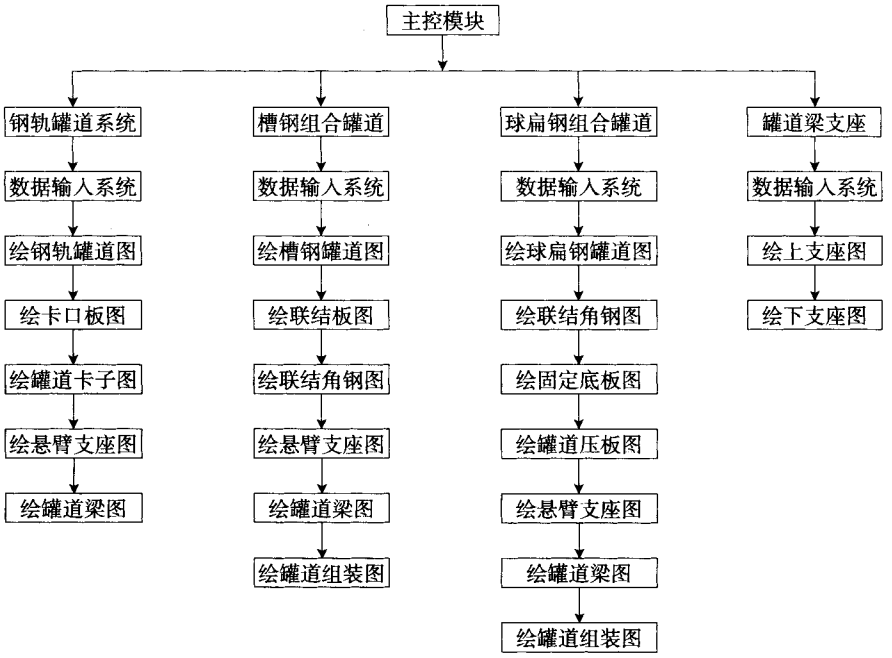


图 12－3－2　主副井井筒装备零构件软件系统流程图

三、风井井筒装备软件

风井井筒装备较主副井井筒装备要简单得多，一般没有提升设备，只作为矿井回风之用，仅装备有人员上下的梯子间，梯子间有几种布置形式。风井井筒装备容易形成较为统一的标准，可对整个风井井筒装备进行程序设计。

输入软件所需的基本数据后，能自动生成平面图、节点放大图、剖面图、全井装备布置图、休息硐室布置图、安全出口平面布置图、材料表及构件加工图等。

风井井筒装备软件系统流程图见图 12－3－3。

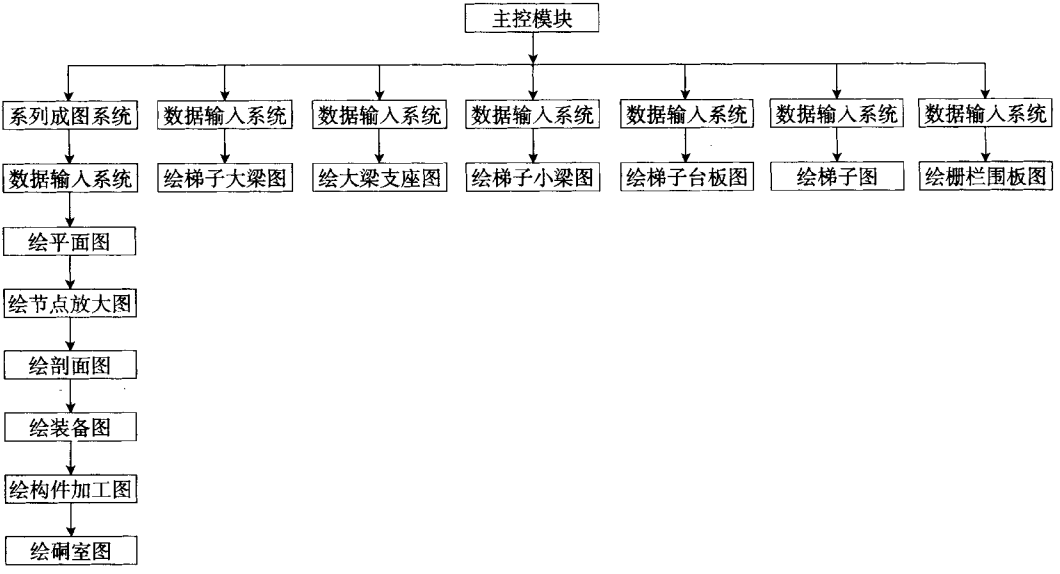


图 12－3－3　风井井筒装备软件系统流程图

第二节　硐室设计软件

一、爆炸材料库设计软件

输入软件所需的基本参数后，如库容量、库类型、库房布置方式、库房距外部巷道垂距、断面参数、回风侧外部巷道底板标高等，软件能自动生成容量 3000kg 及以下爆炸材料或爆炸材料发放硐室施工图。有井下爆炸材料库平面图（含工程量汇总表）、断面图（含断面特征表）、纵剖面图、挡墙平剖面图；防冲击波治门硐室平面图，配筋图；井下爆炸材料发放硐室（含工程量汇总表）、断面图（含断面特征表）、纵剖面图、挡墙平剖面图；防冲击波密闭门硐室平面图配筋图等。

爆炸材料库设计软件系统流程见图（12－3－4）。

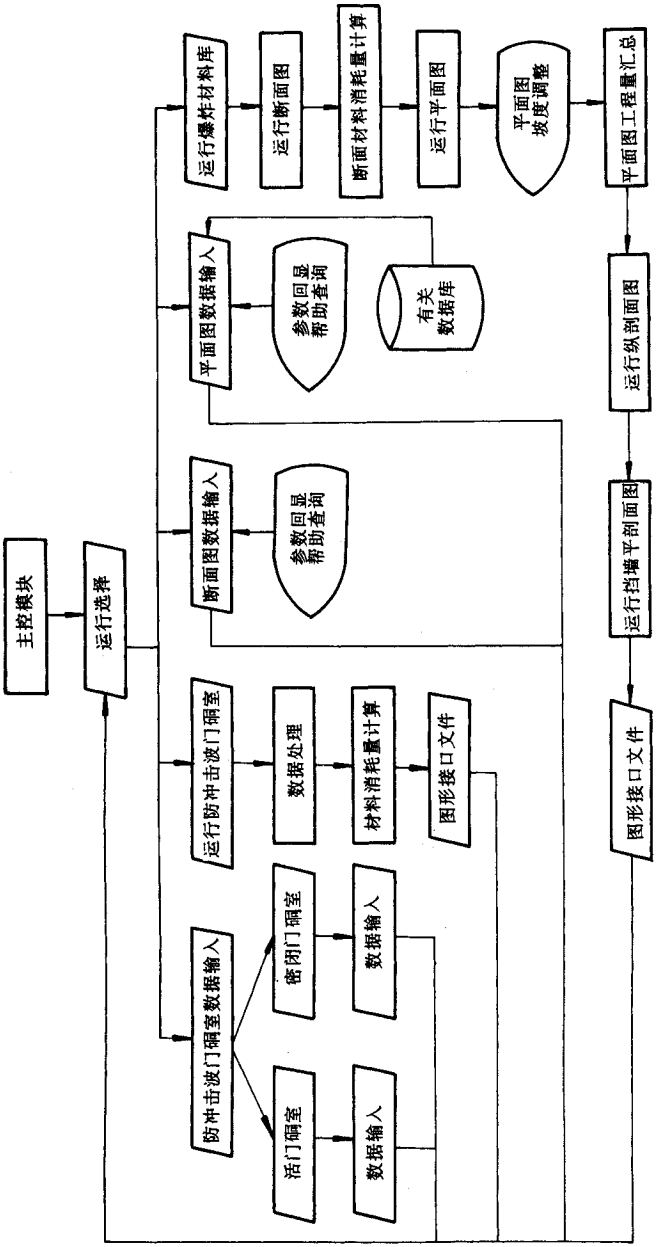


图 12-3-4　爆炸材料库设计软件系统流程图

二、井底水仓设计软件

在设计水仓过程中，首先要确定水仓的长度和断面。一般先预定水仓断面，按照需要的水仓容量求出水仓总长度，再进行内外仓的平面布置，立面闭合计算求得水仓实际长度，然后校正水仓断面。进行水仓平、立面闭合这一过程，需要反复多次才能最终完成，同时还应进行多次校核，以使其符合有关规定和要求。

输入软件所需基本数据后，如矿井正常涌水量、水仓清理方式、吸水井与水仓联接处参数、水仓入口交岔点参数及标高等数据，软件能自动进行水仓长度、平面及坡度闭合计算，水仓容量、长度及断面校核，生成水仓平面图、剖面图、断面图，水仓入口交岔点平剖面图，工程量及材料消耗量表等。

井底水仓设计软件系统流程见图 12－3－5。

三、井下中央变电所设计软件

输入软件所需基本数据后，如配电硐室断面参数、设备布置形式、电缆沟参数、变压器室断面参数等数据，软件能自动生成主变电硐室平面图、剖面图、硐室及电缆沟断面图、各种门的施工图、工程量及材料消耗量表等。主变电硐室布置形式分以下三种：单排纵向布置（设备单排布置、变压器室纵向布置）、单排并列布置（设备单排布置、变压器室并列布置）和双排纵向布置（设备双排布置、变压器室纵向布置）。

井下中央变电所设计软件系统流程见图 12－3－6。

四、采区煤仓及区段溜煤眼设计软件

输入软件所需基本数据后，如煤仓上下口巷道底板标高、硐室长度、断面参数、漏斗形式、漏口尺寸等数据，软件能自动生成采区煤仓（或区段溜煤眼）及装车站硐室（或给煤机硐室）的平剖面图，漏斗、圈梁及硐室的配筋平剖面图、钢筋明细表、工程量及材料消耗量表等。适用范围为双曲线或圆锥形漏斗、仓体直径等于或小于 5m 的直立圆筒仓。

采区煤仓及区段溜煤眼设计软件系统流程见图 12－3－7。

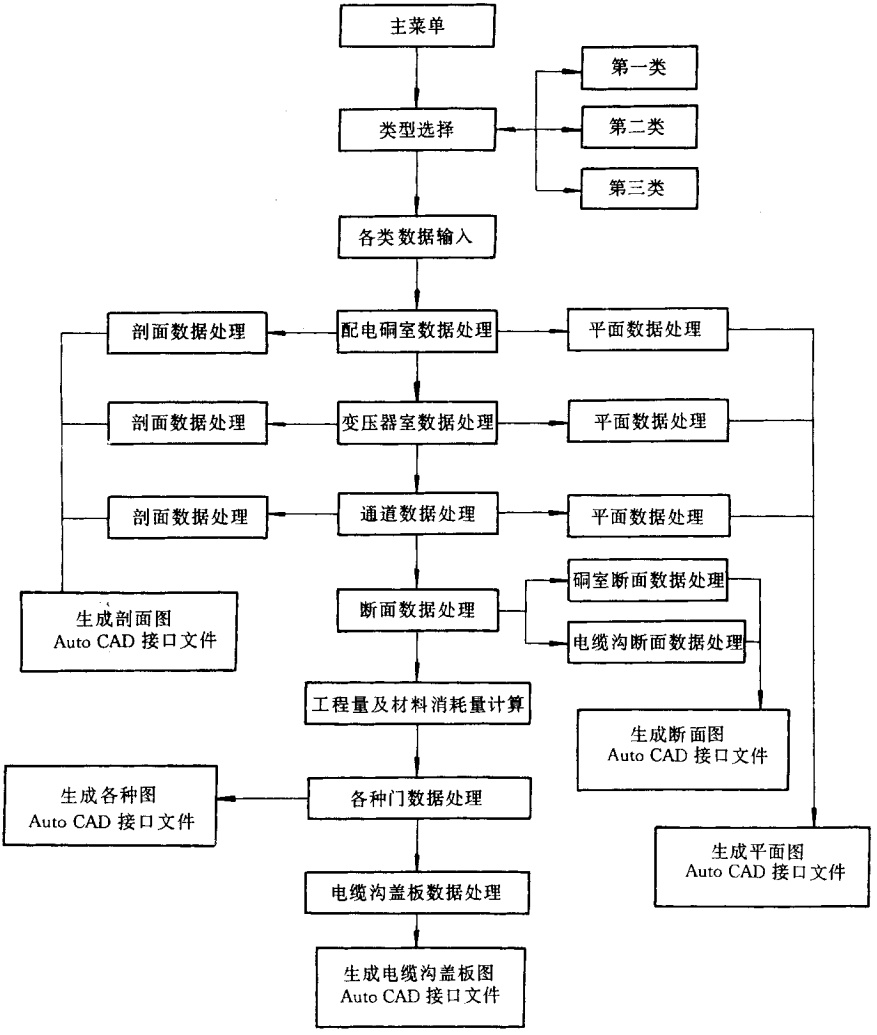


图 12－3－6　井下中央变电所设计软件系统流程图

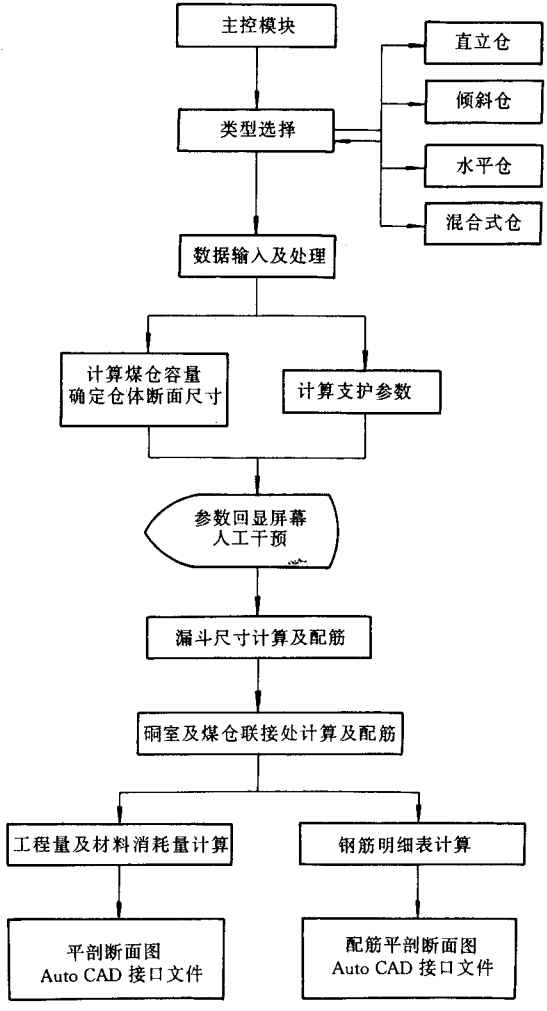


图 12－3－7　采区煤仓及区段溜煤眼设计软件系统流程图

第四章　井底及采区车场设计软件

第一节　井底车场设计软件

井底车场设计应包括以下主要内容 线路布置、硐室布置、坡度闭合、通过能力计算、断面设计、交岔点设计、工程量及材料消耗量计算等。

一、巷道断面设计软件

输入必要的基本数据后，软件可自动设计、计算并生成各种断面图。

(1)能设计并绘制满足现行井下各种运输设备的锚喷、混凝土碹、料石碹、锚喷与混凝土碹、锚喷与混凝土碹或锚网喷联合支护的半圆拱形，圆弧拱形，三心拱形和矩形巷道断面图形及断面特征表；

(2)能设计并绘制满足现行井下各种运输设备的 U 形钢直腿半圆拱形或三心拱形巷道断面图形及断面特征表；

(3)能设计并绘制满足现行井下除架线电机车的其他各种运输设备的梯形刚性，梯形可缩性巷道断面图形及断面特征表；

(4)能设计并绘制井下圆形煤仓断面图形及断面特征表；

(5)能设计并绘制矩形水沟断面图形及特征表，可进行流量验算。

巷道断面设计软件系统流程见图 12－4－1。

二、交岔点设计软件

交岔点设计软件包含平巷交岔点、斜巷交岔点和抬棚交岔点三个软件。

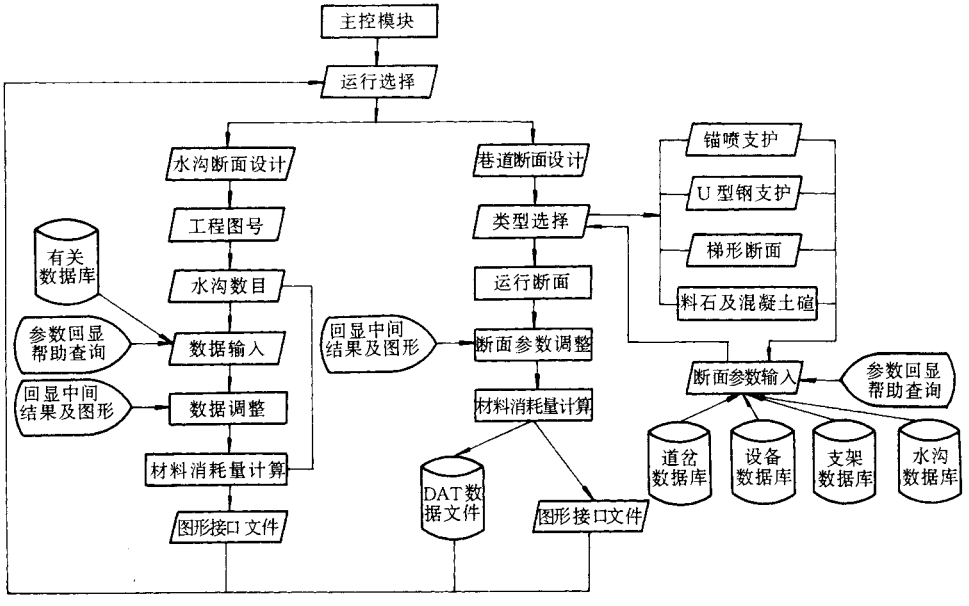


图 12－4－1　巷道断面设计软件系统流程图

输入断面参数、道岔型号、转弯半径等数据后，能一次性生成相应各交岔点的平面图、剖面图、变断面特征表及工程量表等。交岔点断面形状包括半圆拱、圆弧拱、三心拱和梯形，支护方式包括锚喷、砌碹、锚砌联合或工字钢支护。

平巷交岔点、斜巷交岔点和抬棚交岔点三个软件的系统流程较为相似，其中平巷交岔点设计软件的系统流程见图 12－4－2。

三、井底车场设计软件

1. 功能

(1)生成井底车场平面图草图。包括 进出车线、存车线、调车线长度计算，线路联接计算，主要的线路布置，平面、坡度闭合计算，通过能力模拟计算，主要硐室布置等。

(2)自动生成井底车场坡度图。

(3)自动生成井底车场列车调度图表。

(4)自动生成井底车场工程量及材料消耗量表。

2. 系统流程

井底车场设计软件系统流程见图 12－4－3。

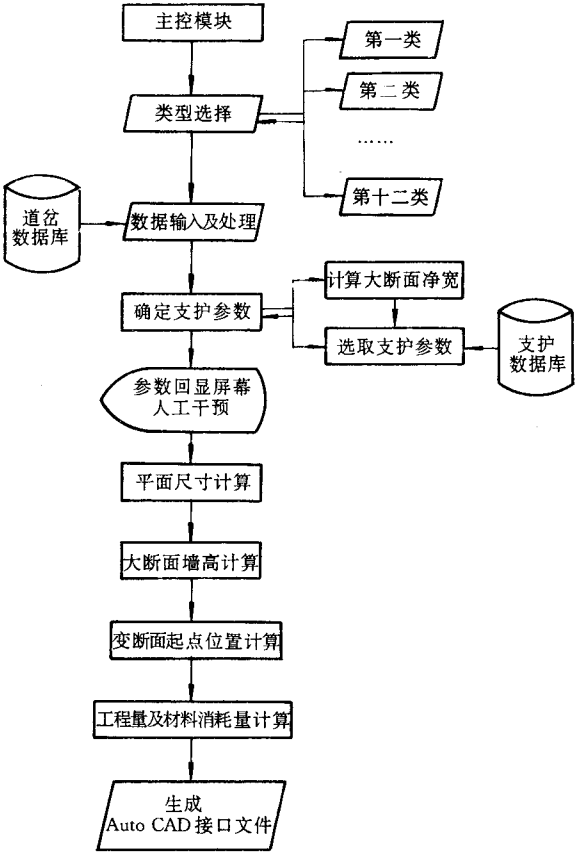
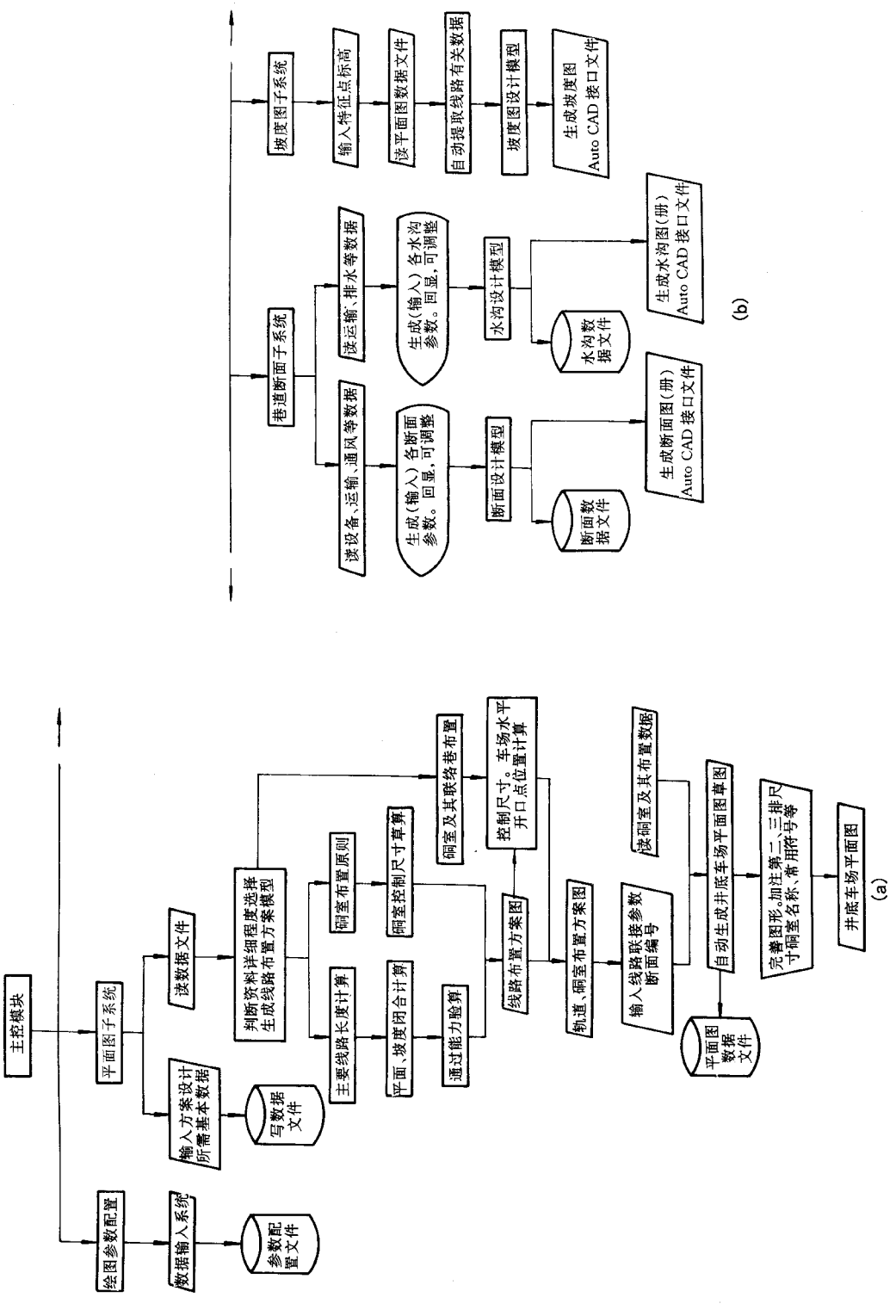


图 12－4－2　**平巷交岔点设计软件系统流程图**


主控模块
绘图参数配置
数据输入系统
参数配置文件
平面图子系统
输入方案设计所需基本数据
写数据文件
读数据文件
判断资料详细程度选择生成线路布置方案模型
主要线路长度计算
硐室布置原则
平面、坡度闭合计算
硐室控制尺寸算算
通过能力验算
线路布置方案图
硐室及其联络巷布置
控制尺寸。车场水平开口点位置计算
轨道、硐室布置方案图
输入线路联接参数断面编号
读硐室及其布置数据
平面图数据文件
自动生成井底车场平面图草图
完善图形。加注第二、三排尺寸硐室名称、常用符号等
井底车场平面图
(a)
巷道断面子系统
读设备、运输、通风等数据
生成(输入)各断面参数。回显，可调整
断面设计模型
断面数据文件
生成断面图(册)Auto CAD 接口文件
读运输、排水等数据
生成(输入)各水沟参数。回显，可调整
水沟设计模型
水沟数据文件
生成水沟图(册)Auto CAD 接口文件
坡度图子系统
输入特征点标高
读平面图数据文件
自动提取线路有关数据
坡度图设计模型
生成坡度图Auto CAD 接口文件
(b)

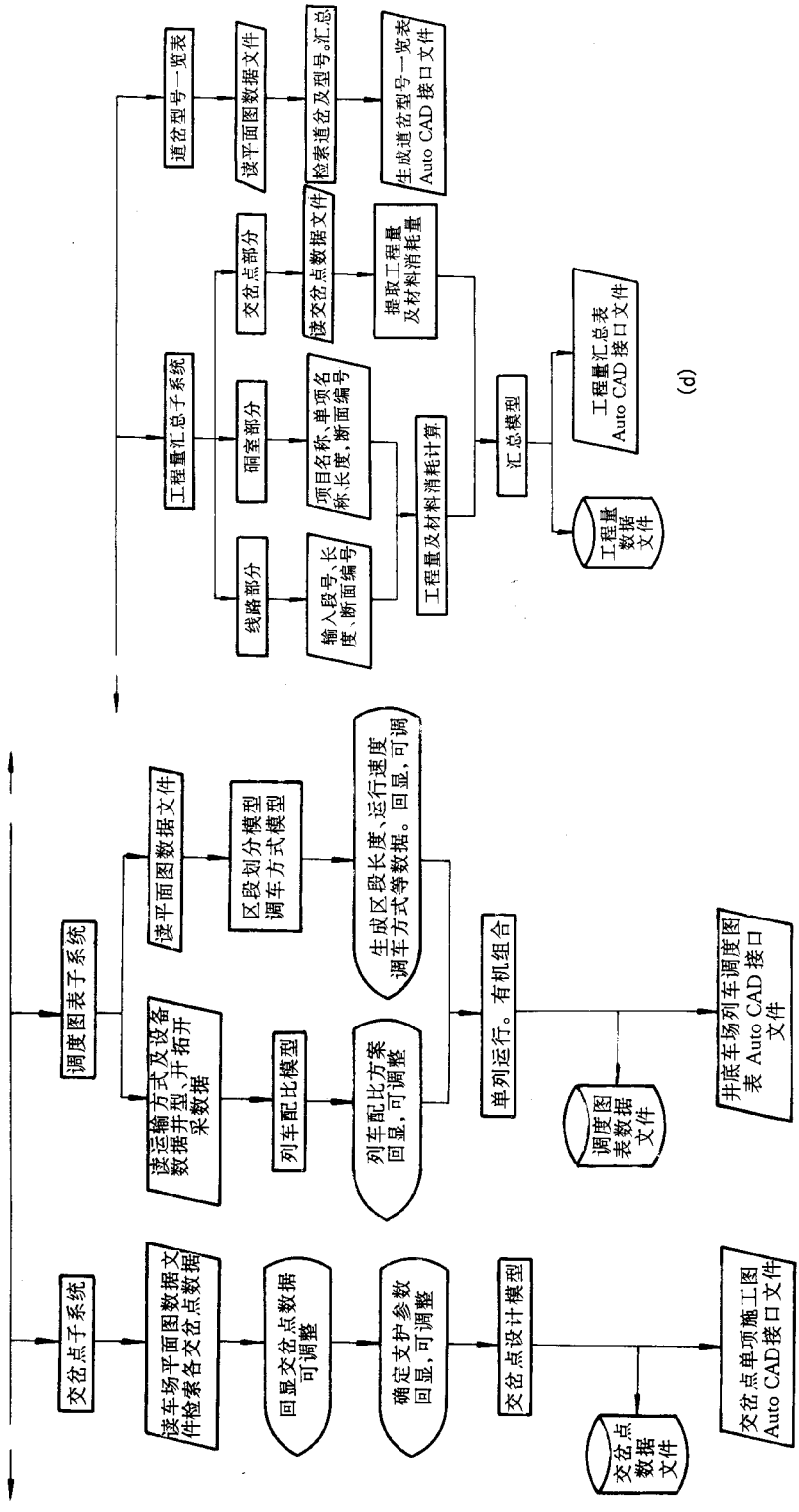


图 12-4-3　井底车场设计软件系统流程图

第二节　采区车场设计软件

采区车场设计软件分为采区上部车场、采区中部车场、采区下部车场和采区斜巷四部分。

一、软件功能

输入线路设计所需的基本数据，如巷道关系定位尺寸、上山倾角、上山或基准巷道某已知点标高、各巷道断面尺寸、已知坡度等数据后，软件可自动进行线路设计、计算和绘图，生成车场的线路图和坡度图。调用车场软件工具包，可在线路图的基础上进行巷道轮廓绘制、尺寸标注、工程量及材料消耗量统计等。

1. 采区上部车场

采区上部车场可完成 8 种类型的车场线路计算、绘图。这 8 种类型为：顺向平车场后总回风巷布置方式，顺向平车场前回风巷布置方式，顺向平车场轨道巷布置方式，顺向平车场回风石门布置方式，顺向平车场大巷布置方式，逆向平车场绕道布置方式，逆向平车场石门布置方式，转盘车场。

2. 采区中部车场

采区中部车场可完成 11 种类型的车场线路计算、绘图。这 11 种类型为：双道起坡二次回转石门式，双道起坡二次回转斜式，双道起坡二次回转卧式，双道起坡二次回转中巷式，单道起坡二次回转石门式，单道起坡二次回转斜式，单道起坡二次回转中巷式，单道起坡二次回转卧式，双道起坡一次回转方式，单道起坡一次回转方式，吊桥式。

3. 采区下部车场

采区下部车场可完成 4 种类型的车场线路计算、绘图。这 4 种类型为：顶板绕道式，底板绕道式，石门式，大巷式。

4. 采区斜巷

采区斜巷可完成 3 种类型的联络巷线路计算、绘图。这 4 种类型为：平行布置方式，交叉斜式布置方式，平行斜式布置方式。

二、系统流程

采区车场从使用角度来讲可分为两大类。第一类，轨道线路自动生成，交互式绘制巷道轮廓。这种形式车场类型多，适应于采区车场断面多变的情况；第二类，整套施工图全自动生成。该类型自动化程度高，相应的也限制了车场形式的多样性。两种类型的系统流程分别见图 12－4－4 和图 12－4－5。

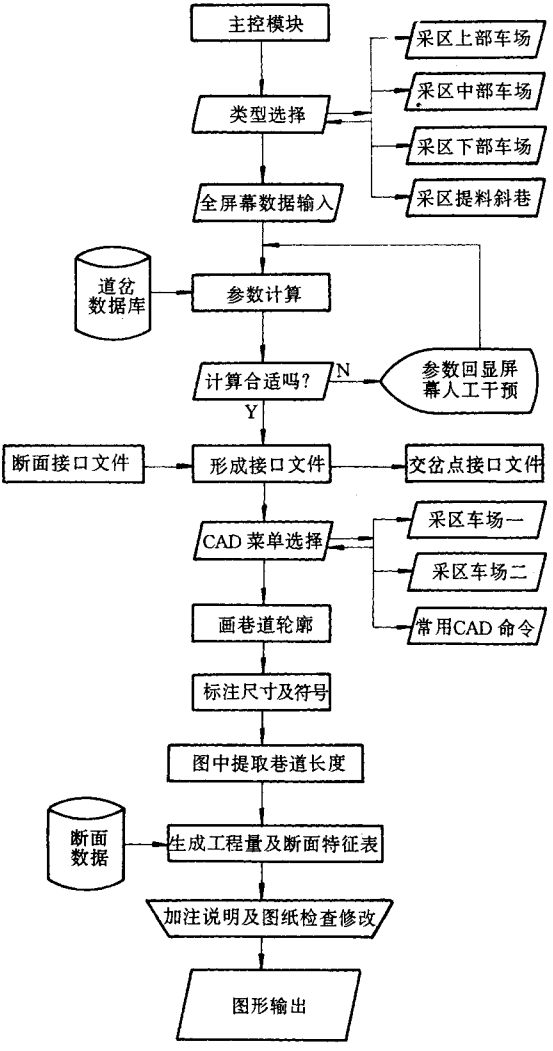


图 12－4－4　采区车场软件系统流程图

（第一类）

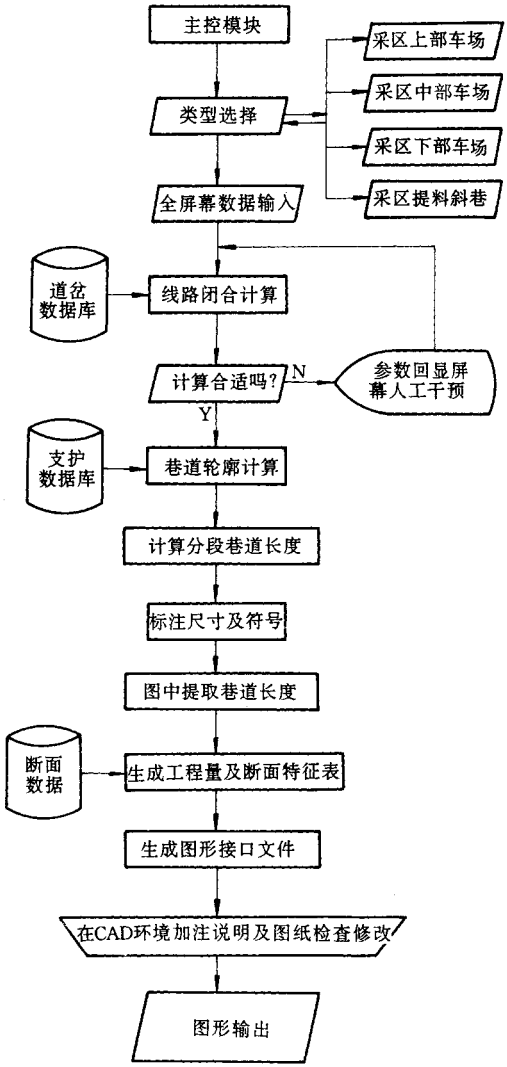


图 12－4－5　**采区车场软件系统流程图**

（第二类）

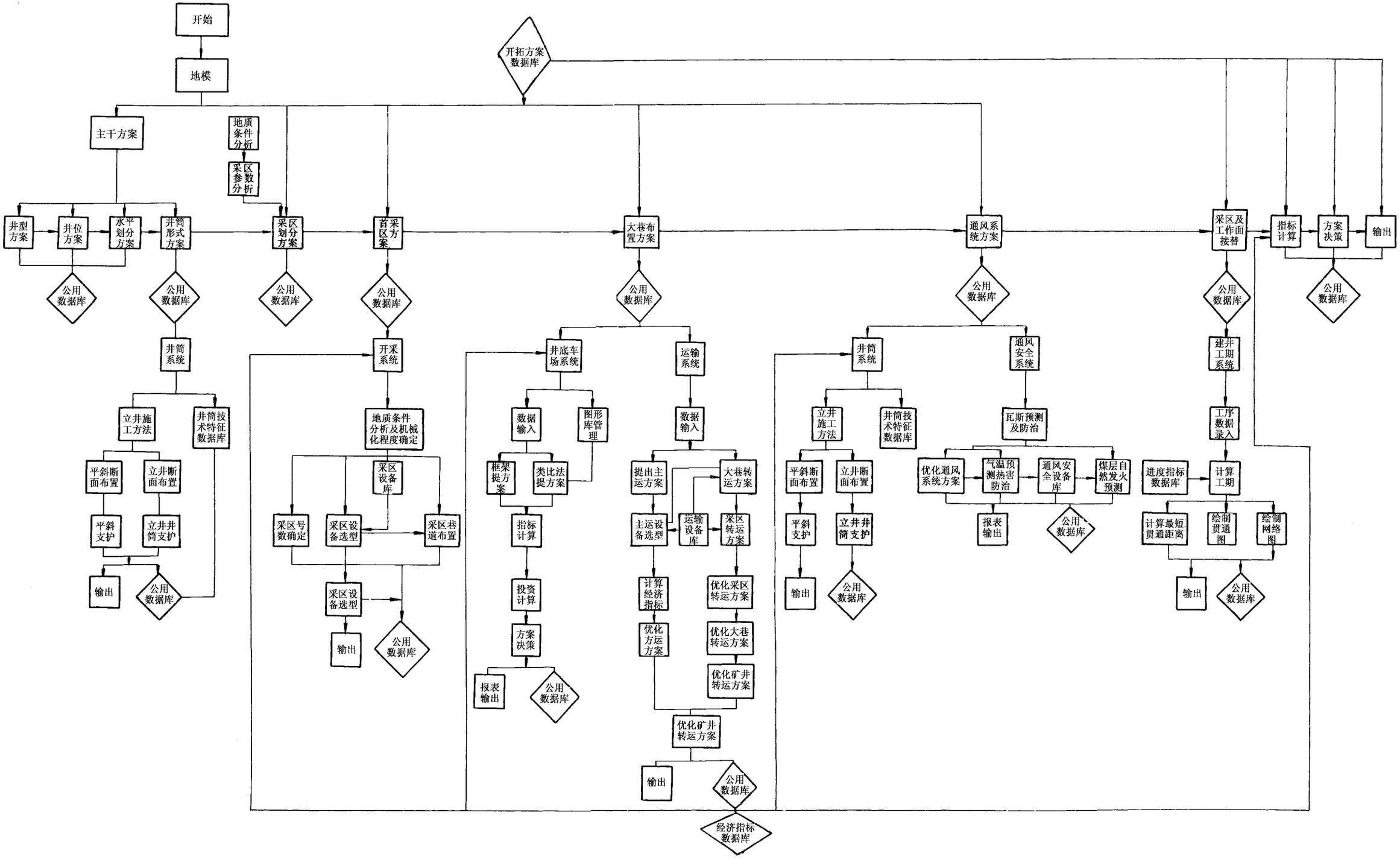


图 12-2-4　采矿软件包总系统流程图

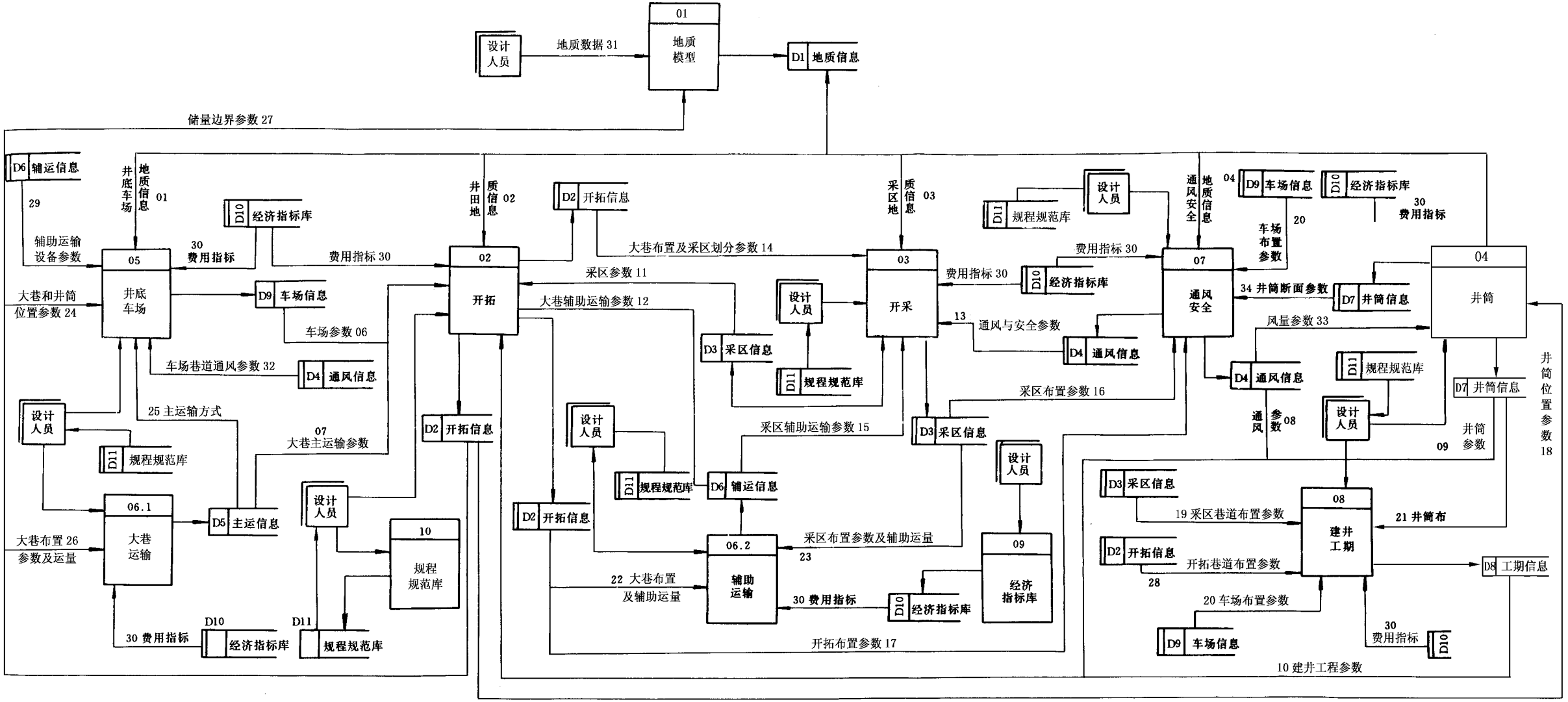


图 12-2-5　采矿软件包数据流程图

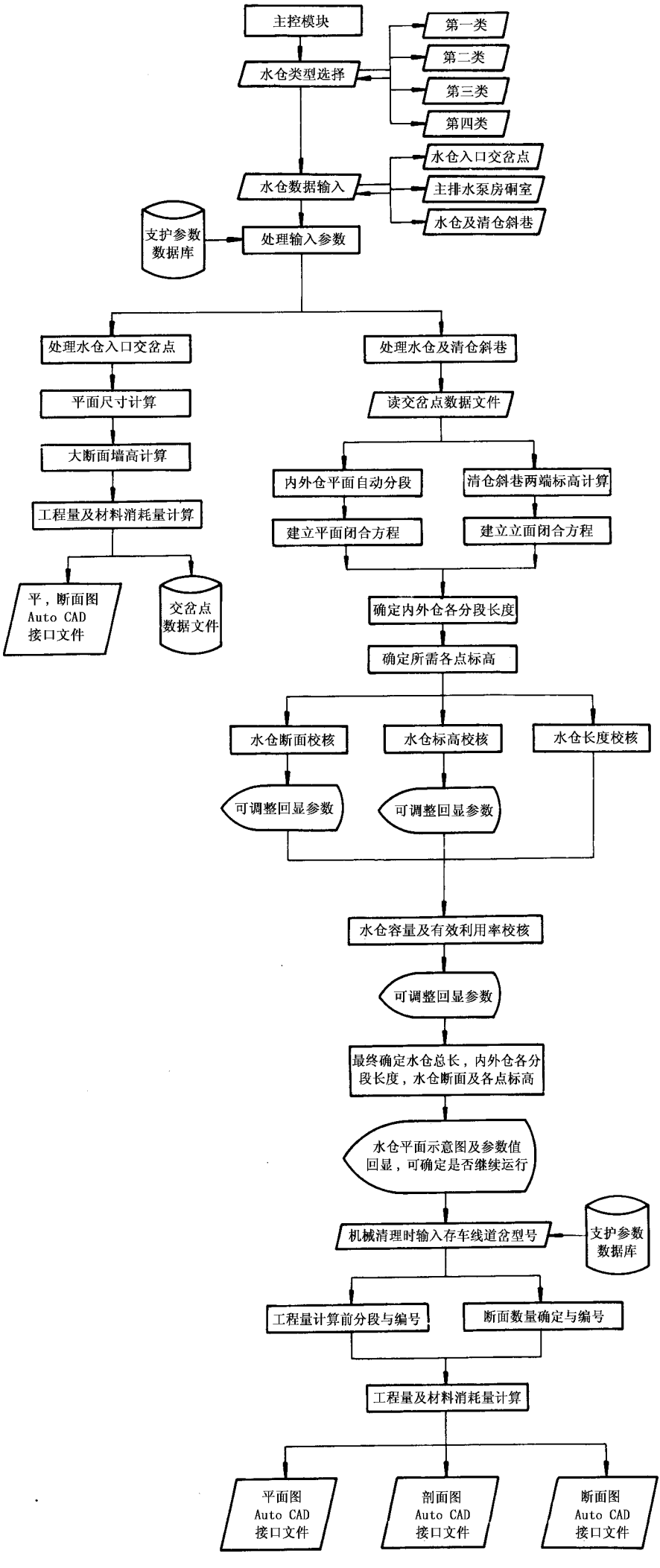


图 12-3-5　井底水仓设计软件系统流程图