第十二篇

计算机技术在采矿工艺中的应用

第一章　矿山计算机配置与管理信息系统

第一节　矿山计算机配置

采矿系统工程与现代化科学管理都以电子计算机作为其有力手段。目前电子计算机已广泛而深入地应用于采矿工业的各个部门,它的发展和应用情况标志着一个国家采矿工业的现代化水平。

1946 年世界上诞生了第一台电子计算机。40 多年来,应用于采矿工业部门的电子计算机也经历了从以电子管为主要元件的第一代(1953 ~ 1959 年),以晶体管为主要元件的第二代(1958 ~ 1969 年),和采用固体集成电路元件的第三代(1961 ~ 1974 年),发展到自 1973 年以来的采用中型(MSI)和大型(LSI 集成电路的第四代,目前电子计算机朝着巨型、微型网络和智能等方面发展。

一、基本配置

(一)硬件

一个完整的电子计算机系统包括硬件和软件两大部分。计算机硬件即为计算机的基本结构,它由运算器、控制器,存贮器和输入与输出设备五个部分组成(图 12 - 1 - 1)。其中运算器、存贮器和控制器合在一起常被称为计算机主机。主机中运算器和控制器合在一起又称为中央处理单元(CPU)。微型机就是把 CPU 集成在一个或几个称为微处理器的芯片上。各种输入输出设备统称为外部设备,此外还有数 - 模和模 - 数转换器等外

围设备。

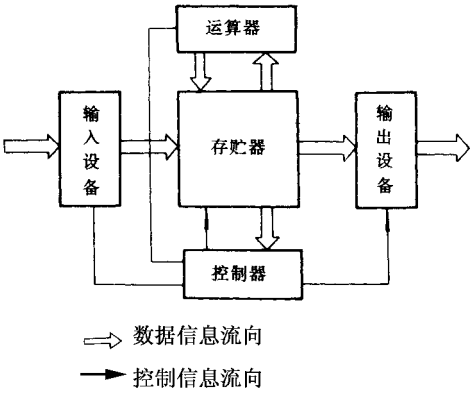


图 12－1－1　计算机硬件组成

计算机是按照所谓指令进行操作运算的，机器所具有的指令全体称为指令系统。依靠指令控制器控制和协调机器各部分工作，使运算器进行相应的算术和逻辑运算。存贮器分为内存贮器和外存贮器。内存贮器容量小，但存取速度快，常用的有磁芯存贮器和半导体存贮器。微型机大部分用体积小、速度很快的半导体存贮器。半导体存贮器又分为读写存贮器 RAM 和只读存贮器 ROM 两种。前者既可读出又可写入或改写，用于运算和存放中间结果；后者只能读出而不能写入，用来存放固定的机器内部程序或表格等。外存贮器的容量大，但存取速度慢，常用的有磁盘（硬盘和软盘）和磁带等。输入设备常有键盘、纸带读入机和卡片读入机等，此外还有光学和声音输入设备。输出设备常用 CRT 显示器、各种打字机和绘图机等。

（二）软件

计算机软件是为计算机运行、管理和维修而编制的各种程序的总和，它分系统软件和应用软件两大部分。系统软件是由机器设计者提供的用于使用和管理计算机的软件。通常，它分为三类：一类是面向用户的，包括各种高级语言的解释或编译程序、汇编程序以及应用程序库；二类是面向管理人员的，如调试程序（debug）、故障检查和诊断程序等；三类是面向计算机本身的，如监控程序和操作系统等。其中操作系统控制计算机内部各部件和各外部设备的操作和运行，也进行程序和数据的交换。除了上述系统软件外其它都是属于应用软件。它是用户利用计算机和它所提供的系统软件自己编制的用以解决各种实际问题的程序。解决各种典型问题的应用程序集合称为软件包（Package）。

计算机执行的程序是以二进制编码表示的机器指令形式的目标程序，称为机器语言程序。由于这种程序编写困难，因而常采用以符号代表机器指令和地址等的“汇编语言”来编写源程序，经汇编程序（Assembler）汇编成机器语言程序。这种语言具有内存容量

省、执行速度快、以及可以直接使用计算机全部资源等优点，常用于实时控制和通信软件中。但这种语言随机器类型而异，不能通用。因此很多应用程序（特别是科学计算方面）一般都用通用性强、易学易用的各种高级语言来编写。用高级语言编写的源程序也必须经过编译程序（Compiler）或解释程序（Interpreter）翻译成目标程序才能执行。

常用的高级语言有 BASIC、FORTRAN、C、PASCAL 和 COBOL 等；此外还有用于模拟仿真的 LISP 和 GPSS 等专用语言。在采矿工程设计和计算方面，多用 BASIC（包括编译 BASIC）、C 和 FORTRAN 语言；矿山管理方面可用 COBOL 语言，至于 PASCAL 多用于管理与系统软件。在信息处理、情报检索和管理系统中，使用数据库管理系统（如汉字 C－dBASE）是很方便的。

（三）性能

计算机一般按其技术性能分为大型机、中型机、小型机和微型机等。性能指标主要有字长、内存容量、存取周期和运算速度。字长系一个存贮单元的二进制位数（bit）。内存容量按字长或字节（byte）为单位计算，每 1024 字节（或字）简称为 1K 字节（或字）。存取周期是指连续读写操作的时间间隔；运算速度则以每秒所能执行的指令条数表示。表 12－1－1 列出目前矿山常用的典型计算机的主要性能指标。

表 12－1－1　典型计算机性能表

性　能	类　别					
	中型机	小　型　机		微　型　机		
典型型号	IBM4381－3	VAX11/785	VAX 8250	1BM PC/XT	IBM PC/AT	IBM PS/80
CPU				Intel 8088	Intel 80286	Intel 80386
主存容量	8－32 MB	2－32 MB	2－16 MB	640 kB	640kB（可扩至 1MB）	2MB（可扩至 16MB）
字长（Bit）	32	32	32	16	16	32
速度（百万次/分）	4.6	1.7	1.5			
存取周期（或主频）	68ns	160ns	200ns	2.5MHz	6MHz	16MHz
外存及终端	磁盘机与磁带机 PC5550 终端等	磁盘机、磁带机 磁盘 RA81，可达 456MB/个，VT200 终端等	磁盘机、磁带机，磁盘 RA81，可达 456MB/个，VT200 终端等	10－20 MB 硬　盘	10－20 MB 硬　盘	40－70 MB 硬　盘

（四）多用户系统

上述各类计算机常配置成网络或多用户系统提供给矿山应用。所谓多用户系统，是由中央处理机（CPU）和与其相连的多个终端及多用户操作系统构成。用户通过终端共

用中央主机。终端一般由键盘和显示器(CRT)组成。这种终端一般不具有单独的数据处理能力而是靠中央计算机把一部分内存(RAM)分配给终端用户,并为终端用户执行程序。此外,还有本身能编程序、具有一定处理与存贮能力的智能终端。图 12－1－2 表示小型机多用户系统的配置。

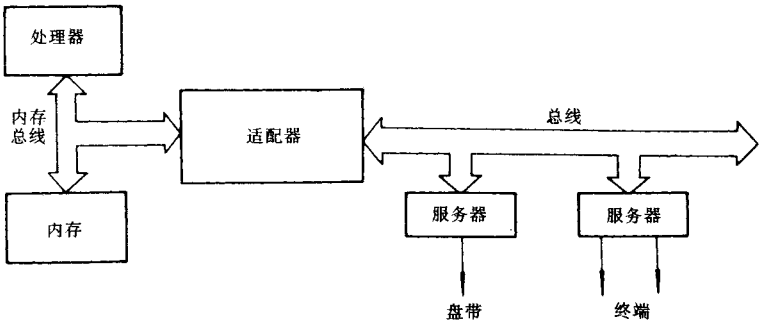


图 12－1－2　小型机多用户系统配置

(五)计算机系统配置

由于现代科技的高度发展,计算机的更新换代很快。因此矿山企业对计算机的选择,应有一个较全面和较长远的筹划,尽可能在经济可行的基础上选择较新和实用的机型。

计算机选择首先要进行系统分析,在系统分析中应着重考虑下列问题:

(1)系统目标。即首先要进行详细的用户调查,确定系统装置的目的和将要担负的任务,确定它是信息管理或办公室自动化系统、生产过程控制系统、科学计算或 CAD/CAM 系统、还是上述目标兼而有之的系统。

(2)系统的规模、性能及层次结构。一般地说,系统的规模与性能取决于矿山企业规模及各职能部门对计算机的全面要求。而系统的结构层次则应与矿山企业的管理与决策层次相适应。因此系统往往取一种分布式系统或网络系统。据此选择系统中主机的容量与型号,终端或微机的数量与配置。

(3)系统的兼容性。这一问题涉及系统的扩充及应用软件的开发与引进。目前,由于我国采矿工业部门一般选用国际商用机器公司(IBM)的计算机系列为基本系列,因此矿山对计算机硬件与软件的选择,应注意他们与 IBM 机型系列的兼容性。此外还应注意到矿山内部以及上级公司或部门联网通信的要求。

(4)系统维护的可能性、可靠性、人员培训条件以及经济效益。对主机的选择,主要考虑的性能是容量、速度、总线(Bus)特性及可带终端与外部设备的数量等。结合主机的选择,配套地选择终端和磁盘机、磁带机、打印机和绘图机等外部设备。

微型机对我国大部分矿山都是适用的。微型机的选择包括主机、键盘、显示器和打印机等的选择。选择主机时应考虑到 CPU 型号、位数、内存与计存容量及可扩充性、接口及扩充板插件的设置等。这些接口及扩充板有：并行打印机接口，RS－232 串行通信接口，内存扩充板，单色或彩色监视器，硬盘和软盘控制器，以及支持网络功能的配件和汉卡等。如要提高数值计算速度，可增加 8087、80287 或 80387 协处理器。显示器有单色和彩色两种，一般是 14 英寸（355.6mm）彩色显示器，分辨率在 640×200 以上，这时主机应选彩色监视器与之配套。如要求更强的图形显示功能，可选分辨率更高（高达 1024×1024）的大屏幕（如 20 英寸，即 508mm）显示器。打印机型号的选择，主要考虑打印宽度，点针数和打印速度。激光打印机的速度最高，但价格昂贵。对于微机网络系统，由于可以共享磁盘和打印机等硬件资源，这些设备的型号与配置可结合网络系统考虑，例如可以配一台优质（激光）打印机和若干台其他打印机。

计算机系统的选择还应包括软件系统的选择。在软件方面，要有充分的系统支持软件和汉字信息处理能力，且易于根据工作需要引进和开发应用软件，矿山应用软件一般是指矿山数据库和各种应用软件包。例如，矿山地质数据库，矿山采、选技术经济指标数据库；矿床模型、贮量计算、矿量管理，测量平差与计算和矿山图件绘制软件包；矿山规划，预测，技术经济分析，生产、调度、计划，财务与设备物资等的矿山管理与决策系统软件包等。

例表 12－1－2 列出江西铜业公司德兴露天矿 80 年代初引进的计算机系统配置、分布与用途。该矿的计算机系统与公司的计算中心进行连网。南芬露天铁矿开发的计算机管理信息系统的应用软件有：(1)地质测量工作；(2)年、季计划工作；(3)短期计划工作；(4)生产调度；(5)主要设备维护与管理；(6)备品备件、原件与燃料供应；(7)成本分析；(8)网络信息传输。

表 12－1－2　德兴露天矿计算机配置与用途

分　布	计算机型号	数量	主要性能		主要外设	用　途
			主存容量	字　长		
矿　部	VAX　11/785	1	8MB	32 位	20 个终端，其中中文终端 10 个	矿山管理与计算
中心站	IBM　PC/XT IBM　PC/AT	4 1	572KB 640KB	16 位 16 位		程序开发
选　厂	PDP　11－23 PDP　11－24	1 1	64KB 512KB	16 位 16 位		生产自控
矿山科室及二级单位	IBM PC/XT	6	512KB	16 位		企业管理

二、计算机网络

矿山计算机网络系统的建立，既是实现矿山计算机管理的需要，也是为了提高计算机的使用效率，共享数据库、优质打印机、绘图机等昂贵的软硬件资源。更重要的是矿山网络系统一旦与上级或国家的计算机联网通信，能迅速地向上级传递生产信息和报表，并及时地从上级得到指示和文件，以及远程访问它们的数据库和信息处理中心。

（一）计算机通信

（1）ISO 七层模型。为了实现计算机网络中数据的通信，各种计算机系统之间的通信设备、通信设备与管理都必须符合一定的规则和约定，这称为通信规程或通信协议。为了使这种规程或协议标准化，国际标准化组织提出了通用的七层协议模型。即：

第一层	物理控制层	第五层	会晤控制层
第二层	链路控制层	第六层	表示层
第三层	网络控制层	第七层	应用
第四层	传送控制层		

（2）传送方式。通信中数据是按位来传送的，传送方式有并行方式和串行方式两种。计算机内部和近距离数据传送一般用并行方式，即贮存器内一字节的 8 个数据位同时从一个设备送到另一个设备。长距离通过电话线的传输则是用串行方式。这时在源（发送设备）和宿（接收设备）之间一次只传送一位数据。因此，在数据传送之前必须进行并－串的转换，接收时则相反地进行串－并的转换。显然，并行传递比串行传递快得多，但在长距离传送时安装并行信号放大器和并行电缆是不经济的。

（3）规程。为了使发送站和接收站之间串行数据的传递同步，做到发送和接收的定时与准确，并提供各种校验，发送和接收必须按照相应的规程来管理。这些规程有异步方式的电传机（TTY）规程 ;同步方式的双同步（BSC）规程，同步数据链路控制（SDLC）规程和高级数据链路控制（HDLC）规程等。这些规程都属于 ISO 模型的链路控制层的规则。

（4）通信码。类似于邮电部门的电报码，计算机通信也必须有一套通信码。所谓计算机通信码，是可被接收者翻译成有意义的信息的一种标准信号系列。一般都用美国信息标准码，或称 ASCⅡ码作为这种标准码 ;也有用美国 IBM 公司发展和扩充的二进制编码或十进制交换码（EBCDⅠ码）。ASCⅡ码除构成各种数字和文本字符外，还提供了一组标准的通信控制码。

（二）调制解调型网络

调制解调型网络是借助调制解调器进行远距离数据通信的计算机网络。主要的通

信介质是由若干本地交换机和低级话音线路组成的普通公用电话系统。另一方面,这些本地交换机又通过波导等传输线与上级机关或国家的计算机网络相连,进行它们之间的通信。这种网络在矿山公司远离其下属矿山时是必须采用的。

(1)硬件组成与拓扑结构。这种网络系统的典型硬件组成,包括:计算机及其外部设备,用于通信及网络控制的小型计算机(前端处理机),线路接口,调制解调器,通信通道及设备,远距离计算机及终端设备等。这些设备的选择取决于所要处理的数据量,网络的拓朴结构形式和系统所要执行的功能,包括对错误允许度和传输速度的考虑。网络拓朴结构形式一般分为集中式(星形)、环形式和分布式等。应用一些仿真程序(如仿真IBM 终端的软件包 SNA3270),微型机除用作本地处理外还可用作一台特定型号的主机的终端加入网络。

(2)调制解调器。调制调解器是计算机通信中很重要的一个设备。它提供了计算机和公用电话系统之间的关键性的连接,其作用是把终端接收来的二进制电信号转换为能在公共电话线上传递的音频信号,同时又接收由远程调制解调器通过电话系统发送来的音频信号并将其转换为二进制信号送往终端。因此,调制解调器在发送时是将数字信号(方波信号)调制成模拟信号(振荡信号),而接收时将模拟信号调制成数字信号。

表征调制解调器工作特性的主要参数是它的速率,且由发送和接收数据的最大速率来决定,以比特(Bit)/s 来度量。按速率它分为三类:小于 600Bit/s 为低速;1200 ~ 9600Bit/s 为中速;大于 9600Bit/s 为高速、低速调制解调器特别适用于需要大量对话方式的通信和小型文件的传递,对于经常性的大型文件的传送和来自几个终端的输入,最好选择中速的调制解调器。微型机一般用 1200Bit/s 的中速调制解调器,按工作方式考虑,调制解调器又分为数据只能向一个方向流动的单工方式;允许数据向两个方向的任一方向流动,但每个时刻只能朝一个方向的半双工方式,和允许同时向两个方向传递数据的全双工方式。在功能上调制解调器又分为手动拨号、自动拨号和自动应答三种。此外,有的调制解调器还有自动重拨号、自动复位和测试等功能。

(3)通信设备连接。通信网络中,设备之间是通过各种线接口与电缆互相连接。几乎每个调制解调器都有一个 DB - 25(2531 线)的插座;它要求一根具有 DB - 25 插头的电缆与之相配。为了与计算机连接,则用各种计算机接口。对微型机(例如 IBM　PC),则是插入计算机内部扩展槽中称为通信适配器的电路板,以及计算机后部的插头或插座。这些接口和通信适配器的作用,是在发送和接收数据时进行并 - 串和串 - 并的转换,同时借通信软件控制数据传送的速率,使发送和接收的速率相匹配。此外,它还可给每个发送的字符加上奇偶校验位和停止位等。这些接口一般都符合美国电子工业协会(EIA)的 RS - 232 - C 标准。

(4)通信软件。通信软件是支持网络功能的软件,一般用汇编语言编写。通信软件必须和操作系统兼容,它除和操作系统进行内部通信之外,还控制网络内部的通信处理,参与建立各设备之间的逻辑数据通路,规定接收数据的设备和控制通信链路上数据的发送和接收,并对网络中的信息流进行辨认、诊断和出错处理。

选择通信软件包时应特别注意它的工作环境,全面考虑它的特征和能力,包括汉字处理和远程通信的能力。通信参数的选择包括速率、数据位数,奇偶校验类型和停止位个数等。通信软件特征和能力包括 :双工方式及切换 ;命令方式和对话方式的操作 ;出错处理 :数据获存,即把接收到的数据存入内存或磁盘文件 ;支持的通信速率规程 ;协议式文件的传送 ;远程控制等。

(三)微型机局部地区网络

微型机局部地区网络(简称局网)是指有限的地理区域中的计算机网络。在矿山管理和其它应用中,大部分通信是在比较近的范围内进行的,例如局限在矿办公大楼各办公室之间的及矿本部与下层各工区办公室之间进行。新的一代微型机连成的微机局部网(LAN)为这种短距离的内部通信提供了廉价且方便的方法。通常它们不用调制解调器。除共享打印机和磁盘等资源外,每台微型机还有自己的独立处理功能。相对于调制解调型网络来说,这种网络的操作速度要快的多,一般为每秒几兆比特到 50 兆比特,或每秒 5 百万字符以上。

(1)局部网连接。局部网中的设备一般用同轴电缆相连,也有用廉价的双绞线或先进的光缆的,用一个 T 形连接器把电缆连于微型机后部的通信适配器插头上,适配器则插在微型机的扩充槽中。此外还有把一个智能或半智能的外部设备连到网络上的接口装置,称为服务器。服务器有磁盘服务器,打印机服务器和调制解调服务器等。网络上的微型机和服务器统称为设备或节点,连接在网上的微型机则称为工作站。

局部网的基本连接形式有星形、环形、分布总线形和树形等。任何一种局部网最好没有关键性的节点。所谓关键性的节点,就是它发生故障会导致整个网络的瘫痪,分布总线形符合这一条件,它可靠且易于扩充,即可灵活地增加网络设备。

(2)带宽与协议。带宽是衡量网络数据传输能力的参数,分为基带和宽带。基带系统是按一定格式把单个数据组合成数据包,在网络上高速发射和接收。宽带局部网则用调制解调器进行数据转换,并把信道分割成具有各种功能的若干子信道,按用户要求选择子信道带宽,一般微型机局部网多用基带型的,宽带型的价格较高。

作为微型机局部网通信规则的协议(protocal),目前最有成效的是美国电气及电子工程师学会(IEEE)802 组技术规范。其中逻辑链路控制(LLC)提供寻址、差错控制及信息流动控制等功能。网络访问控制(MAC)一般有轮询(polling)、令牌传递(Tokenpassing)

和载波侦听多址访问(CSMA)协议,它们都适用于星形、环形和分布总线形网络。完全的CSMA协议称为CSMA/CD协议,它还有冲突检测功能,应用最普遍。

局部网的访问控制是最引人关注的,因为局部网信息以分组交换形式高速传输,直接送到网络的传输总线上,访问操作由各节点处理机自行控制。因此必须采取某种控制方式,避免某些节点在同一时间都企图访问网络总线而引起冲突。采用CSMA/CD方式时,节点在发信前首先必须检测总线是否空闲,若空闲就开始发信,否则就要等待总线空闲才发送信息,或者按一定算法等待一段随机时间后再行发信。CSMA/CD的优点是简单,可靠。传输延迟小且成本低,但只能在负载不太重的局部网中使用。

(3)局部网软件。局部网软件指操作局部网的支持软件,它与宿主机的操作系统及网络所支持的应用软件之间的关系至关重要,一般来说,网络支持软件由连网通信支持软件、输入输出和文件处理支持软件、用户管理支持软件和应用程序支持软件四部分组成。通信支持由网络适配器提供,通常采用固件(ROM)和电路形式,或直接用硬件电路来实现。输入输出及文件处理和用户管理支持软件是增补在操作系统的文件,它们使操作系统能操纵局部网中的远程输入输出设备,管理网络的设置,例如拆掉共享的设备、给用户分配专用的盘区卷面以共享硬盘,控制用户的访问等。应用程序支持软件是为了运行诸如数据库管理系统、电子邮件、文字处理和远距离通信等网络应用程序,管理对共享文件的并发访问。选择网络软件时还要特别注意它的汉化特性和汉字远程通信的能力。

(4)局部网选择。微机局部网的硬件与软件已有固定形式的产品出售,表12-1-3列出的是目前市面常见的几种典型微机局部网的性能参数。

表12-1-3　典型微型机局部网络性能

特性参数	局部网名称			
	Ethernet(以太网)	Omninet	Plan4000	PC NET
拓朴结构	总线式	总线式	簇形(总线式)	总线式
访问控制式	CSMA/CD	CSMA	Tokenpasslng	CSMA/CD
调制方式	基带	基带	基带	基带
传输介质	同轴电缆	双绞线电缆	同轴电缆	标准75ΩCATV同轴电缆
数据传输速率(Mbps)	10	1	2.5	1
每段最大距离(m)	300~2000	300	600	900~2100
最长距离(加中继器)(km)	10	1.2	6.7	6.5
可连接节点数	1024	64	255	256以上
可用微机型号	IBM PC,XT,AT及兼容机	IBM PC,APPLE 11.TRS-80	1BM PC,XT 长城0520	IBM PC,XT,AT 长城0520

选择局部网时应考虑它的功能与成本。配置上要与它的工作任务相匹配。设备选择包括微型机、打印机、硬磁盘，各类服务器或连接器及其他网络资源的型号与数量，是否要用调制解调器，数据通路是采用同轴电缆还是双轴线对。此外，还应考虑网络上允许连接的工作站数，网络适配板的型号与价格，电缆的特性与安装及最大允许长度等。对网络的连接和功能的考虑还应包括它的拓朴扩充形式，数据通路容量（带宽），网络的访问控制规则，微机操作系统与网络支持软件，以及为发挥局部网功能而设计的应用程序。

图 12－1－3 是某金属矿的以太（Ether Link）IBMPC/XT 微型机局部网的布置图，它是分布式总线型网络。

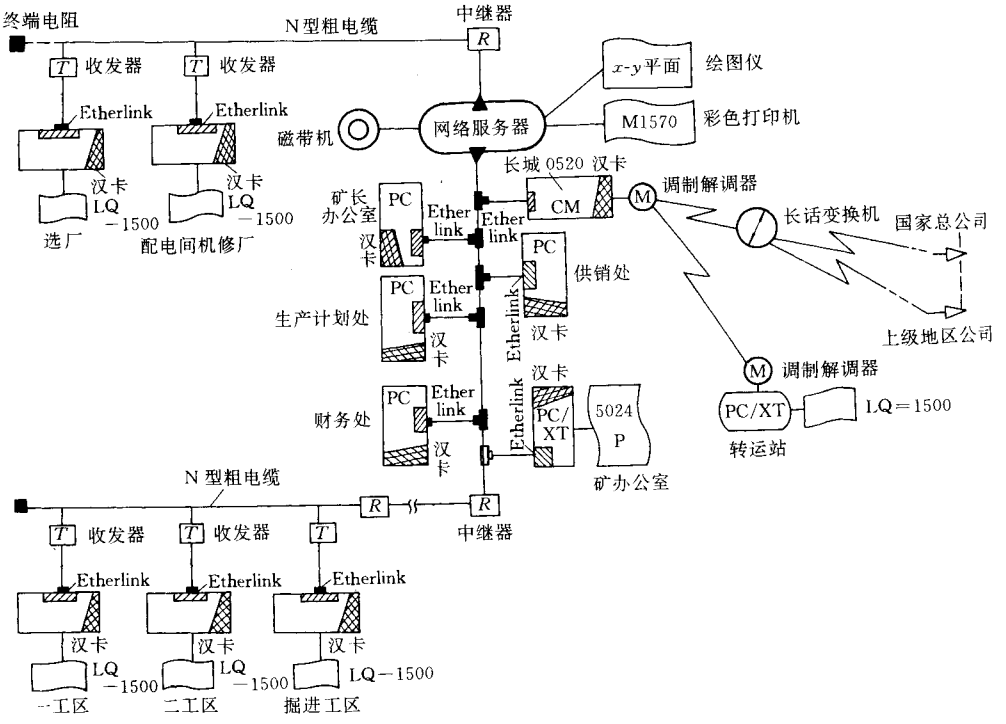


图 12－1－3　某金属矿以太局部网

（四）网络的互连

网络之间也可以互相连接和通信。这种互连有三种类型：两个或几个同类型的局部网的互连；不同局部网间的互连；局部网和调制解调型网络的互连。

同类型局部网是用中继器（有源中继器）互连的，其功能是增加局部网和覆盖距离，且能增加网络上工作站的个数。

门路器（Gatway）是连接两种不同网络的设备。两个不同网络，可以都是同类型的或

不同类型的局部网。门路器的两边分别按与其连网的网路协议进行通信。有些门路器还有一个通常称为网间协议的协议转换器，能适应两个网络的同时通信。

门路器也能实现局部网和调制解调型网的连接，但他们所用的协议和带宽是不同的。更简单的办法是使用调制解调（或通信）服务器把两种网连接起来。调制解调器和门路器都能把差别悬殊的传输或带宽混合在一起使用。

图 12－1－4 为江西铜业公司计算机网络设计图。

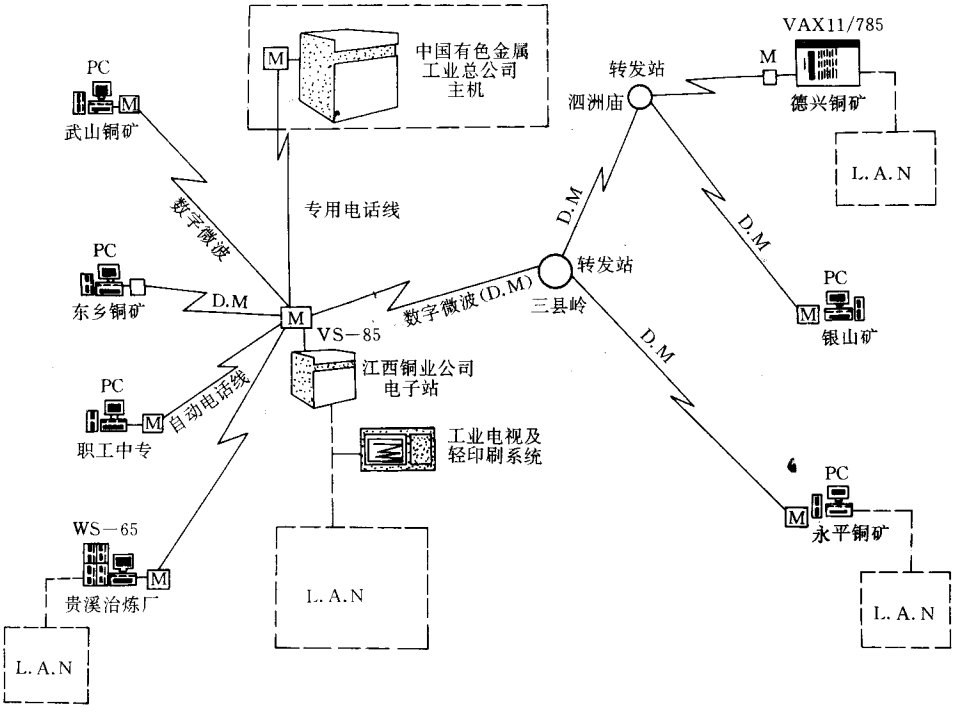


图 12－1－4　江西铜业公司计算机网络系统

三、计算机辅助设计（CAD）

计算机辅助设计（CAD）是设计者与计算机相结合的一种设计。它运用设计者的直观判断、智慧与经验，借助于数据库与计算机的快速分析计算、图形显示和绘图，高速高质量地完成设计任务。计算机辅助设计最好和优化设计相结合，一方面运用数学模型（例如矿床模型、经济模型和岩石力学模型）和数据库（例如地质数据库）进行分析计算；另一方面设计中大量采用人机对话——交互式的工作方式，利用屏幕显示反复修改或调整设计参数和设计图，估算设计效果，力图使设计在实际可能的基础上达到最优化。设计图和设计文件都可由计算机系统自动控制和打印，并以照像胶卷或磁盘文件存贮。在

计算机辅助设计的基础上，用计算机控制加工，控制材料和成本，这就是计算机辅助制造（CAM）。

（一）工作站

计算机辅助设计系统称为 CAD 工作站或图形工作站。工作站硬件设备包括主计算机，图像输入设备、图像显示设备以及绘图与复制设备。工作站中央处理机一般采用小型机，也可用微型机，或者把图形终端直接与大中型主机相连，计算机则通过控制器（接口）与工作站的其他设备相连，这取决于图像输入与显示的形式，系统的组成一般可分为两种：一是使用光笔的刷新式图像系统，另一种是基于数字化仪的图像系统。前者是老式的，已逐渐为后者所取代。表 12－1－4 为当前国内外主要采用的 CAD 工作站的配置与性能表。

表 12－1－4　主要的 CAD 工作站配置与性能

工作站名称	Auto CAD	DDM Dimension Ⅲ	Intergraph	Applicon	PDMS
制造公司	Autodesk	Calma	Intergraph	Applicon	Prime
主　　机	IBM PC，XT，AT，长城 0520	MICRO VAX Ⅱ VAX 系列小型机。Apollo 系列	MICRO VAX Ⅱ（Inter－200）	VAX 系列（除 MICRO VAX Ⅱ）	PRIME 5550，750
图形显示器	图形屏幕最大为 20 英寸	20 英寸单屏彩色	单屏或双屏彩色	单色或彩色	
绘图仪	1024×1024 DMP 型及其它型号 $A_0 \sim A_4$ Suston 型及其它型	1024×1024 HP 及其他型号 $A_0 \sim A_4$ ALTEK 及其他型号	1024×1024 HP 及其他型号 $A_0 \sim A_4$	彩色为 1024×1024 HP 及其他型号 $A_0 \sim A_4$	$A_0 \sim A_4$
数字化仪	$A_0 \sim A_4$	$A_0 \sim A_4$	$A \sim A_4$	$A_0 \sim A_4$	$A_0 \sim A_4$
主机操作系统	CDOS 或 CCDOS	VMS/VAX Domean	VMS/VAX	VMX/VAX	MVS－TSO
CAD 支持系统	Auto CAD	DDM/Dimension Ⅱ	IGDS	BRAVOl	PDMS
资料年份	1988	1987	1986	1986	1985

（二）图形输入设备

刷新式系统的输入设备是光笔。它是一支外形象圆珠笔的光信号检测装置。操作者手握光笔，操纵装在笔体或笔头上的开关，以指点和跟踪的方式或借助于光钮和功能键等在屏幕上进行交互式绘图和输入。所谓光钮，是以约定的汉字或字符命名表达的一些专门的程序和命令，显示在屏幕右方。当光笔指点它们时则调出相应的程序进行相应的操作或绘图。和其它输入方式相比，光笔的分辨率较低，因此多用于绘制草图，不宜于精确绘图。

矿山设计主要采用数字化仪系统。数字化仪是一种模－数转换装置，通常由两个部件组成 数字化板（或数字化台）与手持式指位器。前者可小至 A_4 号图纸的大小或大至 A_0 号图纸或更大些。仪板分为背光式和非背光式两种。指位器是带有尖触点的细长仪器（触笔），也可以是带有十字丝的扁盒式仪器（游标）。指位器沿着放置在板上的图线移动并操纵上面的按钮，可复绘图纸，即把图纸资料（如地形图，工程图和照片等）转换为计算机数据。通过移动显示在屏幕上的光标和指点数字化仪板上的菜单（类似于光钮的专用程序），可编辑和修改图形。

输入过程实际上是测量图形的 x、y 坐标值，然后由计算机换算成各种实用长度，它的分辨率在 100～1000 单位/英寸的范围内，输入时既可联机作业，以实时地反馈出图像和设计结果，进行创造性的设计 ;也可脱机作业，用于图像数据的输入和交互式的图像编辑，以避免占用主机时间太长。

图像系统中诸如数字、字符或汉字等非图形数据以及程序命令，均可由键盘输入。每个图形终端都配有键盘、键盘不但用作输入设备，还可用于控制光标的移动，控制图像的输入和显示。

（三）显示器

显示器是图形系统中最引人注目的设备。一个系统能否称为交互式的，关键是看它能否立即以图像形式的反馈来响应操作者的操作。

产生屏幕图像有两种方法——笔划式和光栅式，前者以划线的方式产生图像，后者则以紧密分布的图像点阵来拼成图像。保持图像的方法有刷新式和存贮管式两种。所谓刷新式，就是在屏幕上连续不断地产生图像 ;而存贮管式则是在显示屏上保持图像，直到被程序命令擦去为止。

显示器的主要性能是屏幕尺寸、分辨率和显示速度。大多数 TECTRONIX 公司的图形终端都属于带笔划式屏幕的存贮式显示设备，它的图像分辨率较高，但划线速度较慢，影象亮度较暗，单色，显示时间过长时影像发暗。由于数据传输速度较慢，一台小型机可带多台终端，且可远距离传输。相反，刷新式图形终端以每秒 30～60 次的刷新速度在屏幕上周期性地显示图形，使用存贮在主计算机或图形终端的刷新内存区的显示文件，它的图形较明亮，还可调节亮度和作彩色显示，其分辨率高达 1024×1024。光栅式屏幕是用电子枪扫描刷新的办法使屏幕上的显示点具有各种不同的亮度而显示图像的，使用全色监控器还可进行全色显示，可显示 8 种或 64 种彩色和各种不同的灰暗度。

为了工作的方便，常把显示器的中部设置为图形显示区，上部或两侧设为菜单命令区，下部则为字符及字符命令显示区。也有用双屏幕的配置，其中大屏幕显示器显示图形和菜单命令，小屏幕显示器显示字符及字符命令。

图像系统中一般配有显示诸如直线、矩形、圆、椭圆等各种图形和各种文字与符号的图形卡，也可配显示汉字的汉卡，这实际上是把各种图形的矢量图形发生器和各种文字与符号的点阵图形发生器，作为一个寻址单元，置于只读存贮器芯片（PROM）作固件存贮，供显示时调用。

（四）绘图机

由计算机辅助设计产生的图形文件可提交绘图机绘图，有三种主要的绘图机——笔式绘图机、静电绘图机和摄影记录器。矢量形式的数据适用于笔式绘图机，点阵形式的数据则适用于静电绘图机，这两种数据都可以通过硬件装置或软件进行互相转换。

笔式绘图机是最普遍的绘图机，有平板式，滚筒式和胶带式三种。它的主要性能指标为绘图精度、绘图速度、加速度以及图纸尺寸等。有一种带数字化仪的平板绘图机可进行图像的输入和重绘，如用不同颜色的笔重绘，可对原图进行比较和检查。静电绘图机类似于静电复印机，一般只能产生黑白图，最新式的静电复印机是用激光束来代替显示器的电子光束，从而构成影像得出彩色图，甚至在绘画计算图的同时可复制某种背景图像，得出综合性的结果。图可投影于纸上，也可投置于透明材料上作投影之用。摄影记录器是对显示器（CRT）进行拍照的照相机，也称摄影绘图机，它可用 16、35、70、100mm 的彩色胶卷和 4×6，8×10 英寸（101.6×152.4、203.2× 254mm）的直接成像像纸（Poleraiel）。目前可直接拍相当于图板大小的 42× 60 英寸（1066.8×1524mm）的设备。

绘图方式有硬拷贝、联机、脱机与远距离绘图四种。硬拷贝是直接从屏幕获得图像数据进行绘图，它常用在要记录某些变换的屏幕图像或中间步骤的场合，或用高分辨绘图机绘最终图之前要对结果作检查的时候。硬拷贝只能用摄影绘图机和静电绘图机。联机作业是绘图数据通过诸如磁带、硬磁盘或软磁盘等可移动的存贮装置，从计算机传送到绘图机进行绘图。远距离绘图要用电视传真方法传送图形数据。当在远处的计算机上运行绘图程序而在当地绘图时，就按这种作业方式，这时电视传真的成本较高。

（五）CAD 软件

使用 CAD 离不开软件系统的辜持，典型的 CAD/CAM 软件系统的组成如图 12－1－5 所示。除操作系统外，基本软件还可包括数据库管理系统和系统支持软件。数据库一般分为主要数据库、工作数据库和参数数据库等多种。数据分为图形数据和非图形数据，此外还有描述诸如颜色、亮度、线的形状和粗细等的属性。

支持软件包括系统的标准图形子程序（或绘图软件包）、图形管理程序和其他基本功能函数及子程序等，其作用是用作通用的图形系统和支持应用软件的执行。支持软件的基本功能有 菜单驱动，图形的生成、编辑、删除与修改以及数据属性命令；二维和三维基本图形（如直接、圆、椭圆等）的绘制；绘图语言及绘图控制；各种线型、线宽以及各种字

符、字体的确定；实体模型的建立，包括构成立体图、平面图和剖面图，消除隐线和显示色调等；旋转、着色和透视图；全景缩放与窗口操作；提供设计文件层面以及层面控制；样条曲线插值技术等；此外它还提供与第三者或应用软件的接口。

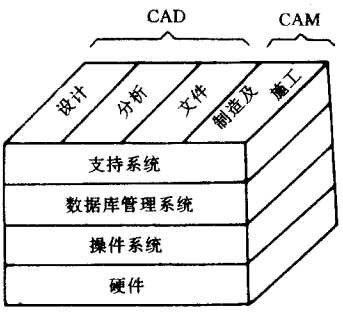


图 12－1－5　CAD/CAM 软件的组成

(六)应用软件

图 12－1－5 中的设计和分析以及文件模块就代表应用软件层，应用软件是在基本软件的支持下为解决各种工程设计问题所开发的软件。

应用程序多用 FORTRAN 和 C 等高级语言编写，它组织和控制设计全过程，甚至直接担负重大的创造性的设计部分，具体内容一般包括：设计模型的建立，图形的生成，数据结构与内容的确定，参数的选择和计算，视图的选择和计算，视图的选择和显示对象的定义，建模输入数据的处理及有关分析计算(如最优化分析，有限元分析等)；技术文件和图形文件的形成与检查以及图纸说明等。

世界上有很多公司出售包括基本软件和应用软件的完整的 CAD 工作站，有的公司销售某个行业的应用软件。在采矿方面的应用软件主要有用于矿床勘探、矿山企业的可行性研究、矿山规划与设计以及矿山开拓工程与地下工程等方面的软件。

(七)CAD 系统的选择

从满足设计要求、使用效率与经济性来考虑，CAD 工作站的数量设置应符合矿山企业设计的任务量的要求，而系统硬件与软件的配置则应符合企业的设计规范与规格，因此对任务较多和设计要求较高的矿山设计单位和大型矿山企业来说，可配置以小型机为主机的高档 CAD 工作站，而对中小型矿山来说，一般仍可以微机工作站为主(参见表 12－1－4)。

系统的配置应作整体的考虑，主机、输入与显示设备以及绘图机应相配套。更进一步，除考虑系统本身的功能外，还应考虑到长远的 CAD/CAM 网络系统的扩展要求，因此系统最好具有连网的灵活性。

主机的容量和性能，除考虑到 CAD 系统的要求外，还可以考虑企业的科学计算和管理方面的要求，以便充分发挥主机的效率。选择输入设备时主要考虑输入速度、精度和尺寸。数字化仪板的尺寸可参考企业常用的输入图纸资料（地质地形图等）的尺寸，或按最大图纸尺寸（例如 A_0 图纸）考虑。显示设备的性能指标主要是屏幕尺寸、分辨率和显示速度。绘图机则为绘图精度、绘图速度和大小规格，绘图机大小可按企业的最大图纸规格考虑。

除硬件系统外，对 CAD 系统的选择还应包括对软件系统的选择，注意操作系统的功能、兼容性及其汉化特性，应有充分的支持软件，而且支持软件对用户应是开放的，以增强人机对话、交互式设计的功能，便于用户调用已有的应用软件包和独立开发自己的 CAD 应用软件。

最后，在选择系统的主要配置的同时，还应注意到它的外部设备（如打印机，磁带机等）和内部设备（如图形卡，汉卡等）的配置。

（八）CAD 的应用

一个完整的 CAD 应用的概念如图 12－1－6 所示。设计的基本过程为：基本数据库技术的数据输入与数据处理；模型的建立与修改；分析与计算；设计比较与反馈；绘图与输出等。

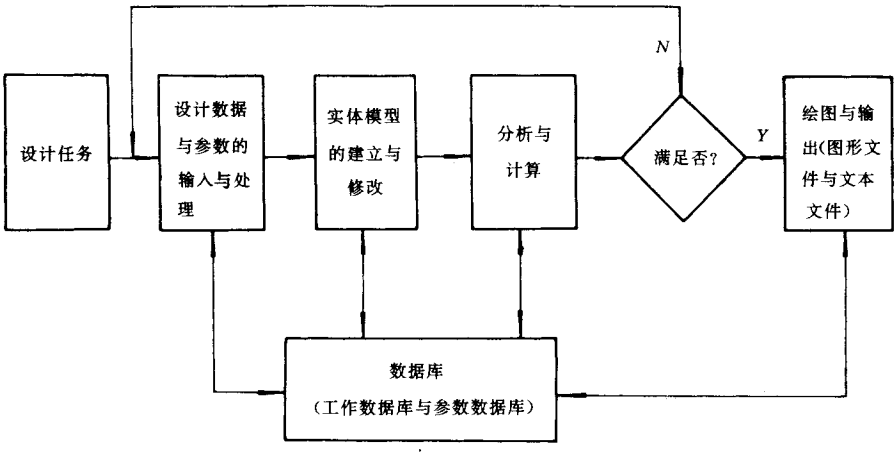


图 12－1－6　CAD 设计的概念图

模型的建立与修改是 CAD 应用最活跃的部分，它是通过图形的输入、编辑与显示，来建立设计所需的二维或三维实体模型。

图形如地质图、地形图、开采图和剖面图等，可以用数字化仪追踪图形的方法输入，并且在屏幕上显示，也可以用系统命令从一些简单图元（如圆、直线、弧、轨迹等）来构造

图形,系统命令则可用触笔来操作光标或指点屏幕菜单,或用触笔指点数字化板菜单来输入,或直接通过键盘输入 ;命令中所涉及的参数和信息则都由键盘输入,使用系统的编辑命令、如擦去、重绘、移动、旋转、复制、排列、消除、测量等,可以对图形进行编辑与修改,图形可以分层,即把不同的实体放在不同层上,对每个层可赋予不同的颜色与线型,编辑时可显示一个层、几个层或所有层的组合,以便于观察与编辑。一个预先输入与建立的图形或模型,又可以作为一个整体加进到当前的模型中去,形成更复杂的图形或模型。因此一个设计中的不同部分可以先单独设计,然后再把它们合并。使用系统的显示命令,可以在图形编辑的同时灵活地在屏幕上显示和观察图形,如屏幕与窗口布置,模型视图的旋转、平移与缩放等。

CAD 应用中的分析计算,例如计算矿体各分层平面内矿岩体积与矿岩量、最优化分析与有限元分析等,是通过运行应用软件中的相应模块,或通过接口调用其他应用软件进行的,而接口则由支持软件提供。

CAD 在采矿工业中已获得广泛的应用,特别是在建立矿床模型和编制露天矿开采进度计划等方面,应用很成功。在地下开采中应用 CAD 技术,也有许多成功的实例。

第二节　矿山管理信息系统

一、矿山管理信息系统的开发

矿山管理信息系统的开发,是以矿山企业主管部门希望达到的目标和职能管理部门所提供的业务处理任务为依据。

(一)目标确定

在系统开发之前,矿山企业必须根据管理业务、信息和功能的现状与需求,认真研究并提出矿山管理信息系统必须达到的目标。目标的要求必须适当,片面追求高目标,将导致投资过大,开发周期过长,甚至超越技术和经济的可能,最终以失败告终。如果目标过低,将使研制出来的系统不能适应管理决策的需要。制定目标时,必须从企业的实际情况出发,既要立足当前,又要考虑未来,满足企业管理现代化的需要。例如矿山企业,在认真分析原有管理系统的基础上,并充分考虑管理现代化的需要,可制定如下经过努力可望达到的系统目标。

总目标 利用计算机技术、数据通讯技术和系统工程的方法,及时收集、处理数据并

提供各类信息，完成日常工作，运用各种辅助决策模型，辅助各级管理人员的决策，达到提高企业管理效率、管理水平和经济效益的目的，为企业上等级创造条件，最终实现企业管理现代化。

这个总目标可具体表述为：

(1)及时收集、处理和提供能反映全矿的主要生产经营活动的信息和有关外部信息，为矿领导提供决策支持。

(2)建立为计划、决策、控制所需要的基本数据库，保持数据完整、一致，减少冗余，达到数据集中管理、数据共享的目的。

(3)运用相应的决策模型和方法，辅助生产经营管理，提高经济效益。

(4)实现办公事务处理计算机化，增强统计分析功能，提高工作效率，逐步提高办公室自动化程度。

此外，各项管理业务或各个子系统还应研究和确定其具体功能目标。

(二)建立矿山管理信息系统的原则

矿山管理信息系统的建立，必须遵循下列原则：

(1)实用性。必须满足企业生产经营管理的各种功能，但又不应脱离现实可能，避免不必要的复杂化。

(2)先进性。必须充分吸取和正确运用国内外有关的先进技术，使企业生产经营活动建立在现代化生产技术和现代化管理技术的基础之上。

(3)系统性。必须根据企业的信息流，物流和资金流的合理流向和规律，构成一个完整的系统，采用系统工程方法进行开发，以总体最优为目标。

(4)安全可靠性。系统运行必须可靠，所提供的信息必须准确，才能成为决策依据，同时必须具有信息的安全保密措施。

(5)适应性。系统应能适应企业管理的外部环境的内部条件的变化而进行的调整，并且便于结构和功能的扩展。

(6)经济性。系统硬、软件的配置尽可能立足国内，从实际出发，做到投资省、见效快，分期投资分期见效。

(7)统一规范性。研制的系统应符合软件工程标准和管理信息系统设计规范，做到系统软件统一化，硬件系列化，系统结构模块化，程序结构化，数据格式标准化，代码规范化，文档资料统一化，并且实现公用数据共享。

(三)矿山管理信息系统的研制过程

矿山企业是一个复杂的系统，随着经济活动和技术水平的发展，管理信息系统的规模将日益庞大，功能也将日益增强。此外，管理信息系统研制本身是一项综合性技术，它

涉及到计算机科学，通信技术，信息论，预测技术，决策理论，最优化技术和管理科学等许多学科。因此，研制技术难度大，一般都要耗费大量的人力、财力、物力和时间。

矿山管理信息系统的研制，必须从系统的观点出发，运用系统工程方法，按照系统发展的客观规律开展研制工作。通常需要经过总体规划及可行性研究，系统分析，系统设计，系统实施和系统评价五个阶段，研制过程如图 12－1－7 所示，系统开发过程的各个阶段紧密衔接。前阶段的成果，经审批后，即成为后阶段的指导性文件和设计依据。各阶段的主要内容如表 12－1－5 所示。系统的开发，只有通过不断地发现问题或提出新要求，不断地完善，才能建立满足现代化管理需要的管理信息系统。

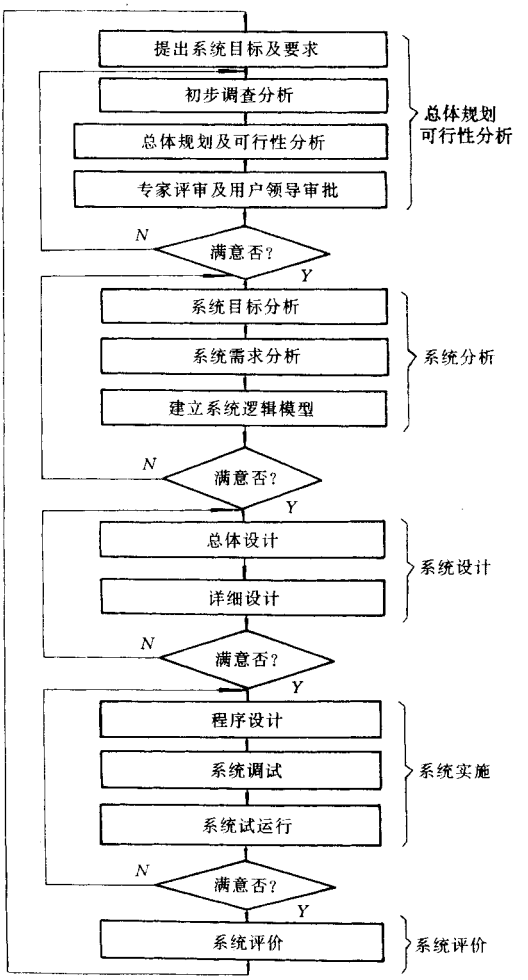


图 12－1－7　管理信息系统研制过程图

表 12－1－5　系统开发各阶段主要内容

阶段	总体规划与可行性分析	系统分析	系统设计	系统实施	系统评价
内容	原系统情况调查 新系统目标分析 新系统功能需求分析 新系统信息需求分析 辅助决策需求分析 新系统方案比较 初步推荐采用的新系统开发方案，含硬件配置、软件系统、与系统结构功能 系统开发总体计划技术 经济可行性分析	系统定义 功能需求详细分析 信息需求详细分析 信息流程分析 业务处理流程分析 辅助决策详细分析 建立新系统的逻辑模型 编写系统说明书，含系统的数据流图，结构，功能，性能与环境，软硬件环境，数据词典及文档等	数据分析与编码 分解子系统 文件及数据库设计 系统输出设计 系统输入设计 信息流程设计 系统功能模块设计 系统结构控制图设计 处理流程设计 系统规范设计 硬件、软件选择 编写模块设计说明书	硬、软件购置及安装调试 程序设计 程序调试 系统调试 系统转换 编写技术、手册及用户手册人员培训系统运行与管理	系统功能评价 系统性能评价 经济效益评价 其他

二、数据库系统的分析与设计

(一)数据库系统的数据分析

数据分析应该是将数据模型化。

第一步称为‘概念模式’阶段，在这个阶段系统分析员通过调查、观察、广泛接触各类工作人员等手段，将组织的各种元素及其活动进行条理性的格式化，将它们表达成一个数据存贮集，包括输入表格、输出报告、中间存放文件、数据的特征、作业的吞吐量等等，这个数据存贮集反映了组织机构与信息系统间的依赖关系。

第二步是由这些概念模式进一步形式化，成‘逻辑模式’。它是由一系列的‘表’构成，表达了各个数据间的一切内在的关系。这一步处理的结果是数据关系集和数据字典。逻辑模式必须精确反映概念模式所表达的信息，而不是拍脑袋得出来的，所以我们将详细阐明这一步转换的方法。

第三步将这些‘关系’作为数据库内容来实现。信息系统依靠计算机为基础提供所需要的数据，它给出的信息必须按格式要求、时间要求、地点要求、精度要求来反映现实世界的情况。真正符合这些要求必须使用实时计算机系统。

图 12－1－8 概括了三级模式转化过程。

下面我们略为详细讨论各个步骤。

(1)概念模式。概念模式是表达组织各元素及其活动的集合，包括人员、地方、物资、机构、概念以及事件，是人对客观世界的抽象。

作业流程图可以说是人对客观世界的抽象，但我们认为不够，因为它没有摆脱报表、账本等实体。在新开发的管理信息系统中可能并不存在这些实体。数据流程图进一步

抽象，用数据存贮和数据流的概念来代表组织的各个元素及其活动关系，所以我们可以说数据流程图是概念模式的主要组成部分。

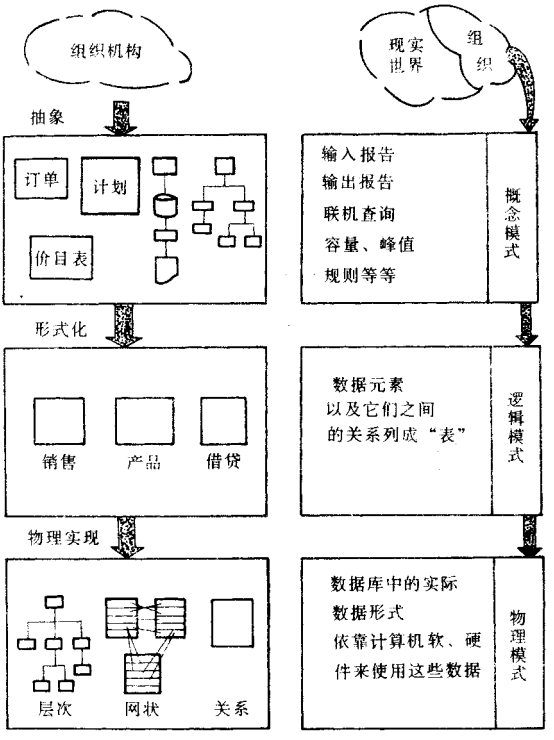


图 12－1－8　信息的三级模式

(2)逻辑模式。逻辑模式必须具备两个特性：

①必须精确反映导出它的概念模式，因此它必须精确表示出所有存在的数据以及它们的各种关系；

②虽然逻辑模式是独立于物理模式的，但它必须表达成适应特定的数据库的形式。

“关系数据模型”能满足以上两个要求，它是用一系列二维表来表达数据及数据间的关系。

为保证这些关系“规范化”，要求数据项：

①没有组合项；

②每个数据项依赖于关系的关键数据项(Key)；

③非关键数据项互相不依赖。

(3)逻辑模式形式化方法：

①标识数据存贮；

②标识数据存贮上的数据元素，取一个名字。保证不同报告上相同数据元素使用同

一名字，然后编入数据字典，上面列出数据元素及其详细特点，如描述类型、长度、吞吐量等等。数据字典可以修改，可用计算机程序进行自动处理；

③作出每个数据的使用图，这些图反映了数据间的关系；

④由这些数据使用图构造出关系表。给每个关系赋以 Key。将这些关系规范化；

⑤把当前分析的数据有贮和已分析的数据存贮上的关系结合在一起。这可能是把新关系加进关系集中去，把新数据项加到关系中去，或者把一个关系分解成若干个关系；

⑥重复②～⑤步，一直到所有的数据存贮（包括输入及输出）都处理完为止；

⑦作图表示关系和存贮途径。

（4）组织逻辑模式。组织逻辑模式也就是从用户观点来组织信息，即安排把分析得到的这些关系在计算机上进行逻辑‘存贮’。组织逻辑模式的目的是将关系组合放到逻辑文件中去，逻辑文件常常是物理上并不实际存在，而是依靠计算机软件来实现的。对用户来说可以进行独立存取。

（5）物理模式。数据库中实际存放数据的形式称物理模式。物理模式依赖于计算机的设置，包括硬件（联机终端、外存等）和软件（操作系统、数据库管理系统等）。

物理模式主要从计算机处理的角度，根据处理速度、存贮空间等物理因素考虑信息的实际存贮。

用关系数据库实现物理模式当然最为方便，但目前真正很成功的关系数据库可以说还没有。所以要把这些概念模式转化成每个计算机系统所要求的形式。如果我们按前面讲的方法把概念模式定义成关系集，这种转换是不困难的，具体转换的方法在一般的数据库教程中都有讲述，此处不再赘述。

（二）数据库系统的设计

数据库设计是指在现有数据库管理系统上建立数据库的过程，它是管理信息系统的重要组成部分。

数据库设计的内容是：对于一个给定的环境，进行符合应用语义的逻辑设计，以及提供一个确定存贮结构的物理设计，建立实现系统目标，并能有效存取数据的数据模型。因此，一个数据库设计者，对数据库系统和实际应用对象这二个方面的知识都必须有相当的了解。数据库设计虽然是一个应用课题，但由于涉及面较广，所以设计一个性能较好的数据库，并不是一件容易的工作。

数据库设计和使用的过程是信息从现实世界经过人为的加工和计算机处理又回到现实世界中去的过程。在这里，我们主要讨论数据库设计的几个阶段，根据‘自顶向下，逐步求精’的方法，数据库设计大致有如下四个阶段：

（1）分析用户要求；（2）概念结构设计；（3）逻辑设计；（4）物理设计。

如图 12－1－9 所示，这里的 1、2 两步是面向“问题”的，而 3、4 两步是面向“解答”的。前二个阶段相应于软件生命周期中的分析阶段，后二个阶段相应于设计阶段。

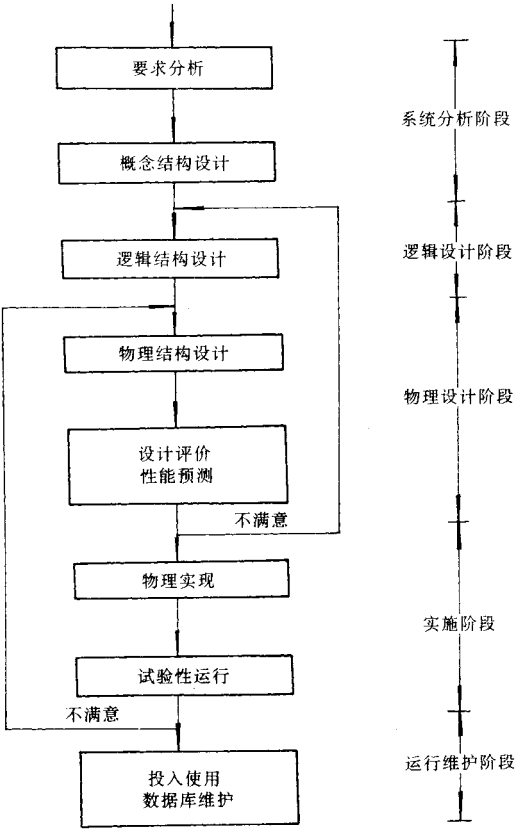


图 12－1－9　数据库的设计步骤

1. 分析用户要求

收集和分析用户的要求是整个数据库设计中最重要的步骤之一，它是其它各步骤的基础。

分析用户要求的目的，是根据一个组织中高层领导和终端用户的要求，决定整个管理的目标、范围及应用性质。

用户要求包括数据要求、加工要求和种种限制条件（如安全性和完整性要求）。数据要求是指用户将从库中获得哪些信息，从而导出数据库中需要储存哪些数据；加工要求是指用户要完成哪些处理功能，响应时间要求如何，加工是批处理还是联机处理等。

关于响应时间、保密性、安全性、完整性、成本与经济效益等等，对不同的应用要采取不同的策略。例如军事部门用的数据库要求准确、保密、安全、可靠，响应时间要快，而对经济效益一般放在上述要求的后面。而民用单位（如机关、工厂企业等）必须权衡成本与

效益,进行费用测算,当然也要考虑性能和效率,但必须在效益大于成本的条件下来考虑性能和效率。一般来说,选择数据库管理系统时,就要考虑性能/价格比;而设计数据库时,就要考虑效益/费用比。

2. 概念结构设计

这个阶段的工作内容是:用一个"概念性数据模型"将用户的数据要求明确地表达出来。这一步与软件生命周期中建立"系统说明书"相对应。

概念性数据模型是一种面向问题的数据模型,它描写了从用户角度看到的数据库;反映了用户的现实环境,但与数据库将怎么实现无关。概念性数据模型,在用户和设计人员之间起桥梁的作用。一方面它明确表达用户要求的一个模型;另一方面这个模型是设计数据结构的基础。因此,建立概念性数据模型是数据库设计过程中的一个关键。

70 年代后期陆续出现了一些适合作概念性数据模型的所谓第二代数据模型,它比第一代数据模型(如网状、层次、关系)更高级,语义表达能力更强,而且是独立于上述的三种数据模型。以 P.P.S.Chen 于 1976 年提出的实体一联系方法(Entity—Relationship Approach,简称 E—R 方法)构造的图,即称为 E—R 模型,就是其中的一个典型代表。

3. 逻辑结构设计

数据库的逻辑设计是设计数据的结构,即将数据组织成一个和计算机提供的 DBMS 所采用的数据模型相符合的形式。实质上是把概念结构转换为所选用的 DBMS 所支持的模式。它可以同软件生命周期中设计阶段的"总体设计"相对应。

对于 $1:n$ 的实体关系,其转化为层次和网状是直接的;但对于 $n:m$ 的实体关系转化为这两种模型就较为麻烦。

而实体关系图(E—R 图)转化为关系模型较为方便。但关系模型的设计由于有了规范化的理论和函数依赖、多值依赖的理论,使得我们对于实体的属性之间的关系看得更加透彻,因而可以设计出较为理想的关系模式。所以,在关系模型的设计中又引进了一个规范化的过程。

所以,可以把转换过程分为两步:首先把概念结构向一般的数据模型转换;然后再向特定的 DBMS 支持下的数据模型转换。如图 12 – 1 – 10 所示。

在进行模式设计的同时,要考虑子模式的要求,要将不同用户所提出的不同存取要求,能都在模式中给以满足。

4. 物理结构设计

物理结构设计的工作内容是:确定数据库的物理结构和对物理结构进行评价。

前者是设计数据模式的一些物理细节,如文件的基本结构、存取方法、建立索引等。这一步可同软件生命周期中设计阶段的"详细设计"相对应,它的输入信息是逻辑设计得

到的模式、DBMS 及硬件环境的特征；而输出是有效地实现概念模式的物理模式。物理设计的过程如图 12－1－11 所示。

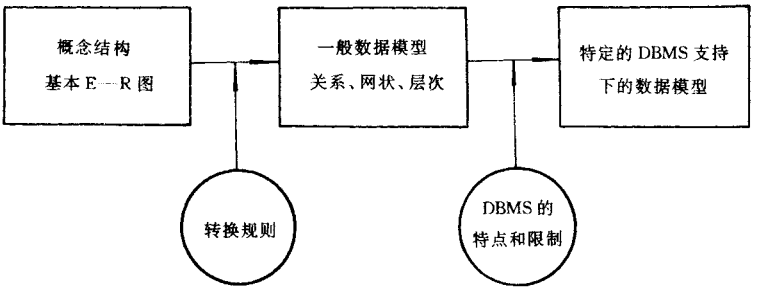


图 12－1－10　概念结构向特定的 DBMS 数据模型转换

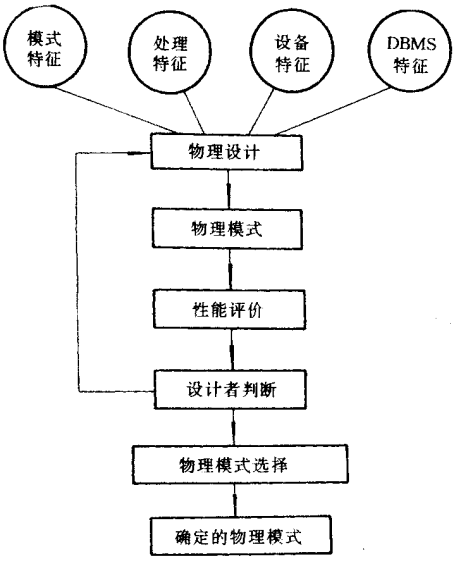


图 12－1－11　物理设计过程

后者是把时间和空间的效率作为评价的重点。如果评价结果满足原设计要求，则转向物理实施，否则就重新设计或修改物理结构，有时甚至要返回逻辑设计阶段，修改数据模型。

物理设计的主要内容如下：

(1)存贮结构的选择。根据处理的需要及系统所提供的方法来选择存贮结构。存贮结构分为顺序结构和直接结构两种。例如，经常需要顺序存取的，可用邻接方法；经常需要随机存取的，采用直接的方法；经常需要更新的，采用链接的方法。

(2)存贮介质的分配。根据存取速度和存取次序等考虑不同的介质的分配，例如，存取频度大的数据存放在快速存贮器上，存取频度依赖性大的一些数据，存放在磁盘的同

一柱面或邻近的柱面。

(3)确定数据块(页面)的大小。物理数据库是以数据块为单位进行存取,而应用程序的存取则是以记录为单位。由于每块存放几个逻辑记录,因此为了充分利用存贮空间和提高存取效率,必须使数据块大小和记录长度相匹配。同时,数据块的大小也决定了内存缓冲区的大小。一般说来,常用作随机处理且主存量较小者,用小页面处理,反之,用大页面处理。

(4)自由空间的安排。考虑将来数据的扩充,需要留下一定的空间。空间的大小要适宜,太大浪费存贮空间,太小容易溢出。

(5)存取路径的选择。数据库必须支持多个用户的多种应用,因而必须提供对数据库的多个存取入口,也就是对同一数据存贮提供多条存取路径。物理设计的任务之一就是确定建立哪些存取路径。例如,把哪些数据项作为次码建立次索引 建立单码索引,还是组合索引 建立多少个合适等。对于涉及不同数据文件的查询是否建立链结构,设计者应该作出定量的分析计算,根据计算结果确定存取路径。而在关系模型中,存取路径不需要设计者去选择,一切都是由系统自动进行的。

为一个大型的信息系统建立数据库是相当艰巨的任务,用户环境中包含的数据项相当多,数据之间又有复杂的联系,所以,这一工作必须有一定的方法来指导。70 年代以来,随着数据库技术和软件工程技术的发展,出现了不少设计数据库的方法和工具,其中最常用的,具有典型性的是 E—R 方法。

三、矿山管理信息系统的结构功能分析

随着经济体制改革的不断深入,矿山企业的管理水平与经济效益逐步提高,为电子计算机在矿山、企业的应用,创造了条件。由于微型机价格低、体积小、对环境要求不高,使用方便,微型机单项辅助管理已得到广泛应用,为矿山企业应用计算机打下了良好的基础。由于单项开发以局部最优为原则,无论系统的功能,信息流,还是数据的存贮或通讯,无法达到整体最优,已不能满足管理现代化的需要。因此不少企业正在进行矿山管理信息系统开发的前期工作。例如,德兴铜矿、大冶有色金属公司等。矿山管理信息系统总体结构的设计,必须采用自上而下与自下而上相结合的方法,即面向目标和面向过程相结合的方法,同时运用结构化设计思想进行设计。一个完整的矿山管理信息系统,必须以现行的组织机构及其管理职能为基础,从逻辑上考虑功能之间的关系,信息的合理流向等因素,把系统分解成若干子系统,每个子系统具有较独立的功能。矿山管理信息系统一般可由以下 11 个子系统组成:(1)计划管理子系统;(2)生产管理子系统;(3)销售管理子系统;(4)物资供应管理子系统;(5)财务管理子系统;(6)人事劳资教育管

理子系统；(7)技术管理子系统；(8)质量管理子系统；(9)设备动力管理子系统；(10)办公事务处理子系统；(11)综合辅助决策子系统。矿山管理信息系统结构图如图 12－1－12 所示。子系统的划分，可根据各个矿山企业的具体情况，进行分析和调整。随着管理信息系统向决策支持系统的过渡，关于决策子系统和决策功能的设置还须进一步研究。当然如上所述进行子系统划分，也有利于开展单项计算机辅助管理。

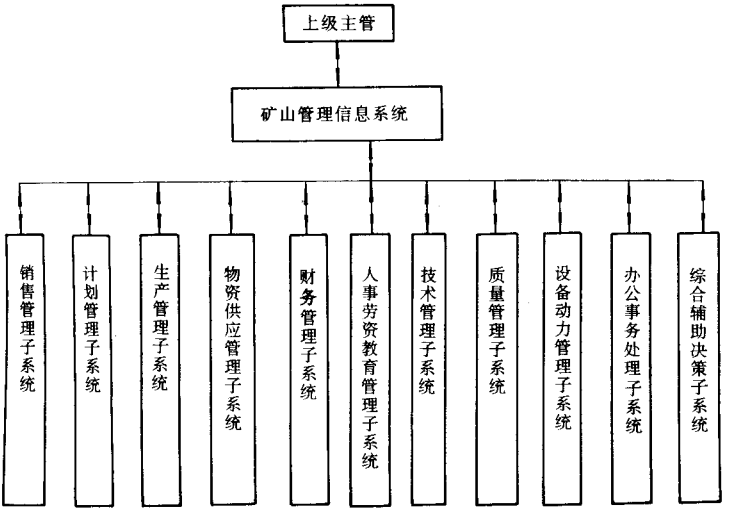


图 12－1－12　矿山管理信息系统结构图

(一)计划管理子系统

计划管理子系统主要是运用最优计划方法有关的辅助决策模型及目标管理等现代化管理方法，制定企业的发展战略方针和目标，编制长远发展规划，年度、季度经营计划，并对计划执行情况进行综合统计与分析等。其综合统计资料，成为全矿生产经营情况的可靠依据。计划管理的功能结构图如图 12－1－13 所示，其信息关联图如图 12－1－14 所示。

(二)生产管理子系统

生产管理子系统的基本任务是编制采掘技术计划，并据此制定季、月生产作业计划，并对计划的执行情况进行统计分析，不间断地检查和调整，以确保生产计划的完成，达到提高生产率和经济效益的目的。日常调度管理是对每天生产情况进行统计及控制。生产作业统计分析是为了形成生产统计月报，作为生产执行情况的依据。生产管理功能结构图 12－1－15 所示，其信息关联图如图 12－1－16 所示。

(三)销售管理子系统

本子系统的任务是进行市场需求预测，制定销售计划和分配计划，订货合同管理，销售统计与分析等。该子系统功能结构图如图 12－1－17 所示，其信息关联图如图 12－1－18 所示。

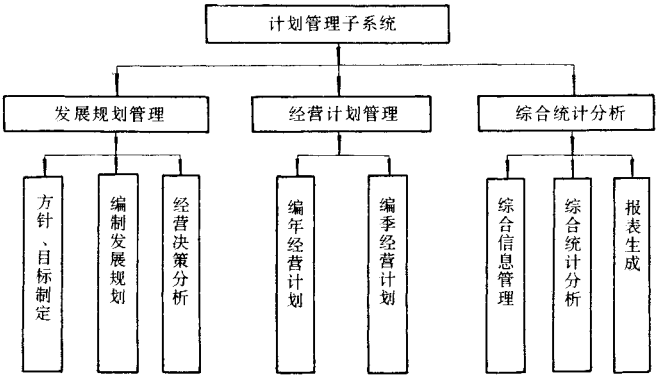


图 12－1－13　**计划管理子系统功能结构图**

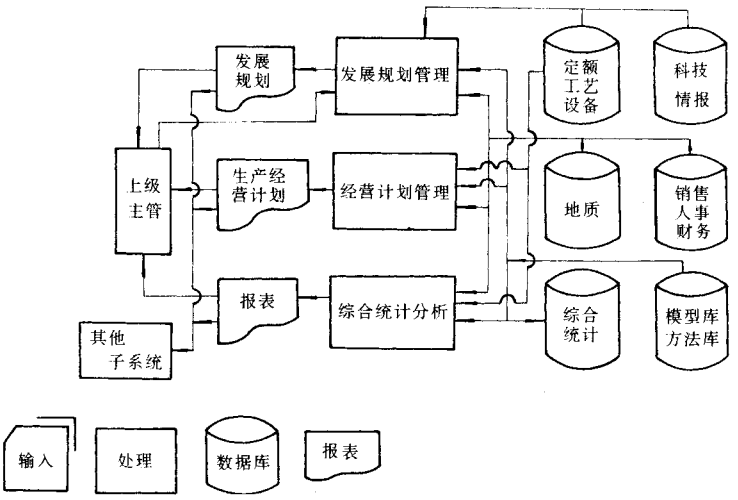


图 12－1－14　**计划管理子系统信息关联图**

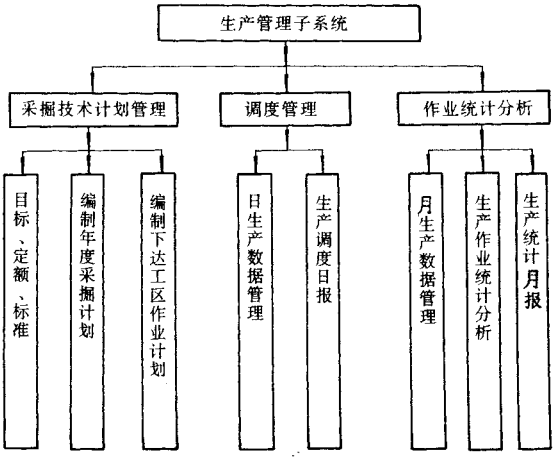


图 12－1－15　**生产管理子系统功能结构图**

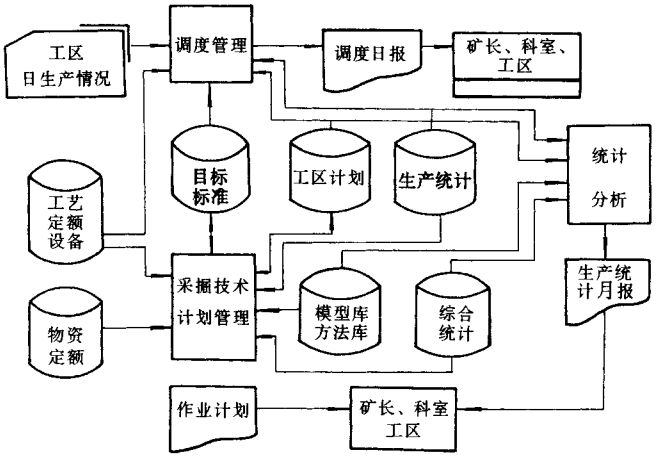


图 12－1－16　生产管理子系统信息关联图

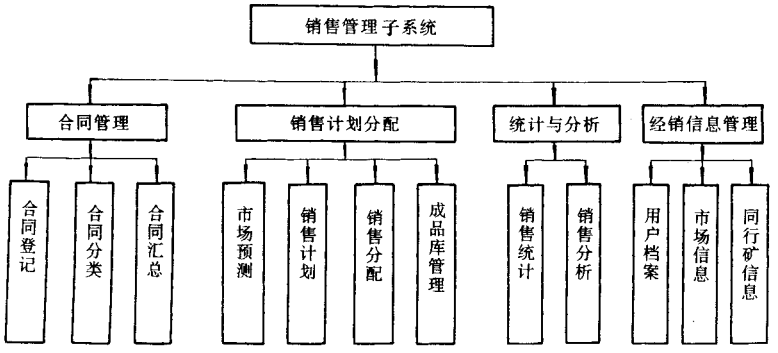


图 12－1－17　销售管理子系统功能结构图

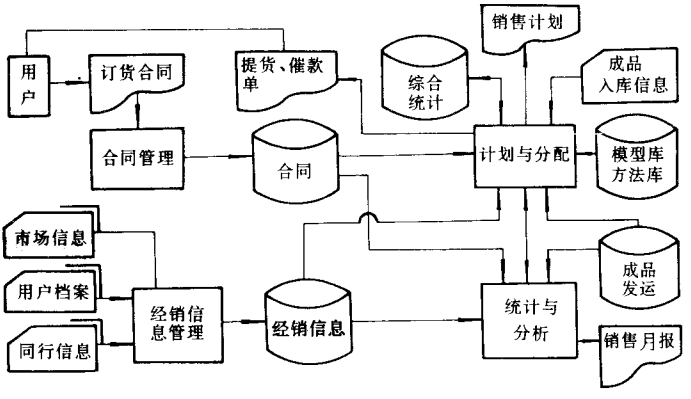


图 12－1－18　销售管理子系统信息关联图

(四)物资供应管理子系统

该子系统的任务是根据生产计划及有关的物资消耗定额,计算满足生产需要的各种物资需求量,结合库存情况,计算物资的净需求,编制年度及季、月物资供应计划;运用库存优化模型,物资 A、B、C 分类管理,编制物资采购计划,并进行购货合同管理;实行物资定额管理;实行物资仓库管理及统计,如物资进出库的登录、收发、处理、库存盘点及资金占用计算等。该子系统功能结构图如图 12－1－19 所示。其信息关联图如图 12－1－20 所示。

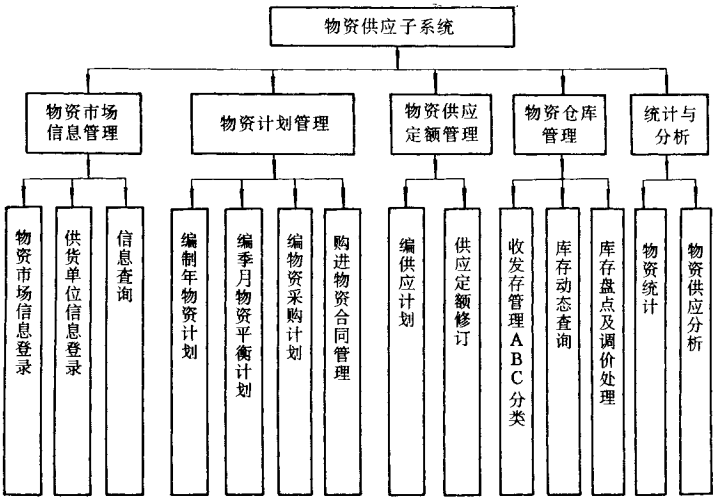


图 12－1－19　物资供应子系统功能结构图

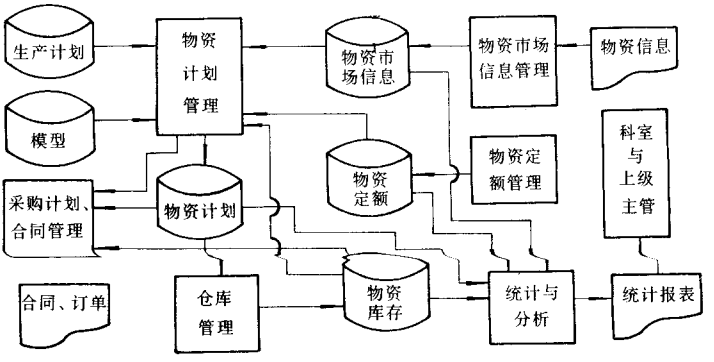


图 12－1－20　物资供应子系统信息关联图

(五)财务管理子系统

矿山企业整个生产过程,就是产品成本的生产过程,因此,财务子系统不仅数据量

大、且涉及到各个部门，汇集了整个企业与经济活动有关的所有信息。该子系统的主要任务有：

(1)财务预算与控制，其中包括 制定年度财务成本计划，资金的筹措及合理分配等。

(2)帐目管理，其中包括各类财务明细帐、总帐的管理，各类资金的管理与控制。

(3)财务核算，其中包括固定资产及折旧核算，材料和材料费用核算，产品销售核算，银行和信贷业务核算，工资核算，管理费用的核算与分摊，辅助生产费用核算，成本核算等，定期生成各种财务统计报表。

(4)定期进行有关的决策分析。该子系统的功能结构图如图 12－1－21 所示，其信息关联图如图 12－1－22 所示。

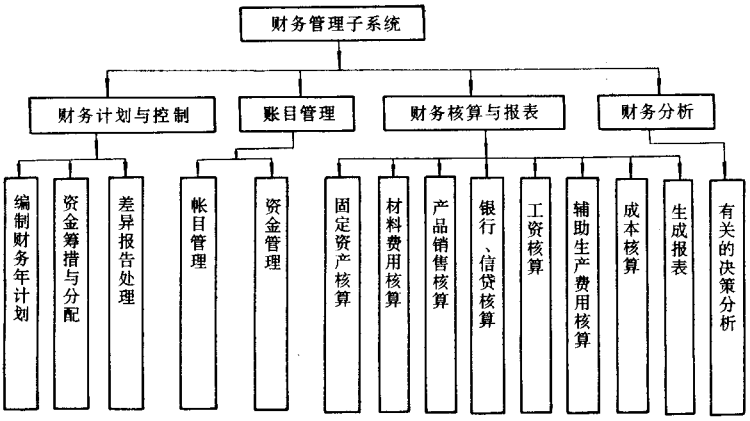


图 12－1－21　财务管理子系统功能结构图

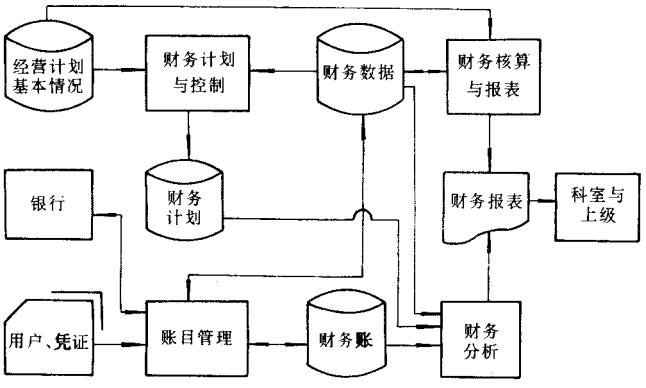


图 12－1－22　财务管理子系统信息关联图

(六)人事劳资教育管理子系统

人事劳资教育管理子系统主要包括:人事档案管理,劳动工资管理,人才计划及职工教育管理等。其中:人事档案管理主要是建立和修改干部、职工档案,并完成例行统计、随机统计和打印制表功能;劳动管理主要是进行劳动生产率统计分析及安全事故统计分析;工资管理主要是编制工资计划、工资变动处理;人才计划及职工教育管理主要是人才结构分析,人材需求分析,招工计划,职工培训计划等。该子系统功能结构图如图 12 – 1 – 23 所示。其信息关联图如图 12 – 1 – 24 所示。

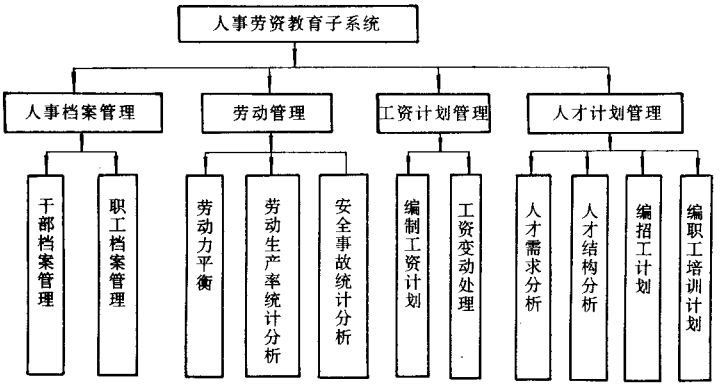


图 12 – 1 – 23　人事劳资教育子系统功能结构图

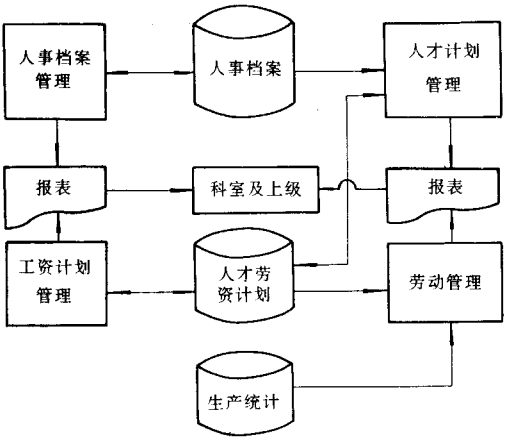


图 12 – 1 – 24　人事劳资教育子系统信息关联图

(七)技术管理子系统

技术管理子系统主要为矿山企业的决策部门和设计部门提供科技情报、技术资料及定额数据等。其中包括:科技情报管理,标准化资料管理,地质数据管理,采掘工艺文件

管理，选矿工艺文件管理，工时定额管理，材料消耗定额管理等。上述各种管理，均具有数据输入、修改、插入、追加、删除、查询、打印等功能。该子系统功能结构图如图 12－1－25 所示。其信息关联图如图 12－1－26 所示。

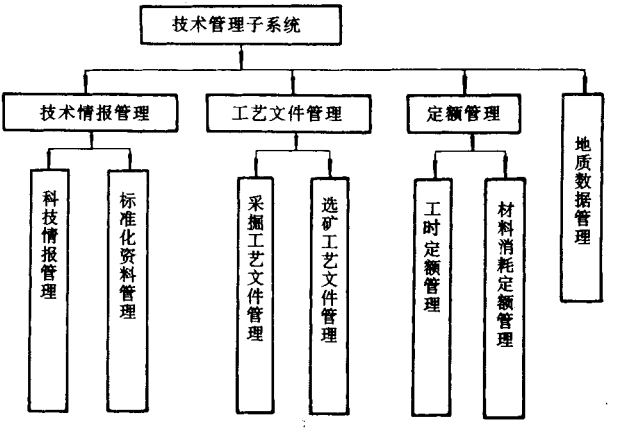


图 12－1－25　技术管理子系统功能结构图

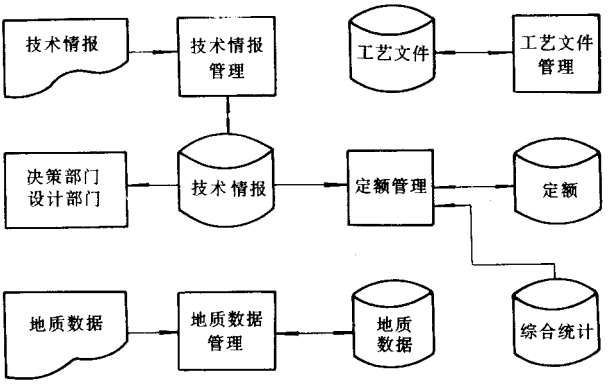


图 12－1－26　技术管理子系统信息关联图

(八)质量管理子系统

本子系统主要是对矿山企业的产品，如原矿、精矿或冶炼产品的质量信息进行管理，并对质量信息进行统计和分析，除完成质量统计分析报表外，并借助于一定的数学模型，对产品质量进行控制或对产品质量事故进行分析。该子系统功能结构图如图 12－1－27 所示。其信息关联图如图 12－1－28 所示。

(九)设备动力管理子系统

设备动力管理的主要任务是建立设备档案，收集和存贮设备使用状况的数据，制定设备的维护检修计划，对水、电、气进行管理和统计分析，应用动态规划等模型，进行电能

优化分配管理，应用价值工程或设备优化管理模型，为设备更新和改造提供辅助决策方案。该子系统的功能结构如图 12－1－29 所示。其信息关联图如图 12－1－30 所示。

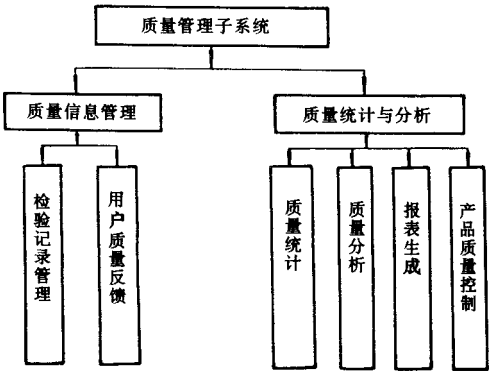


图 12－1－27　质量管理子系统功能结构图

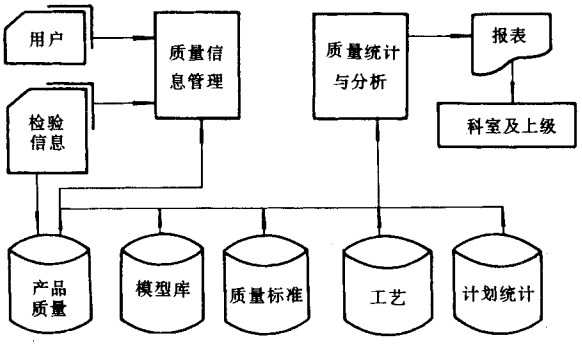


图 12－1－28　质量管理子系统信息关联图

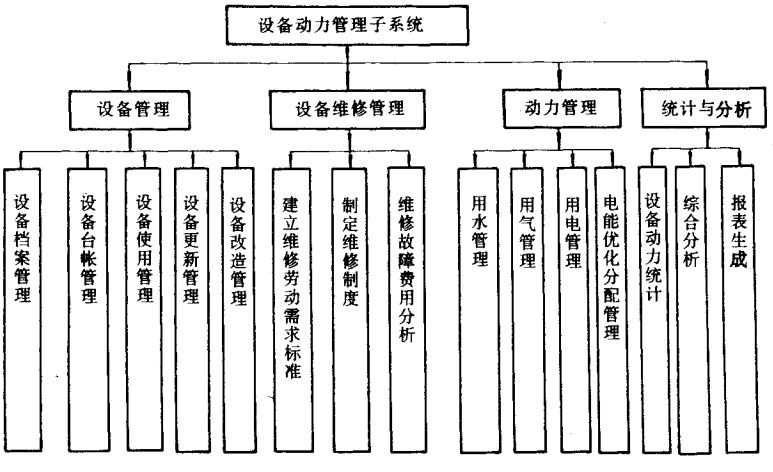


图 12－1－29　设备动力管理子系统功能结构图

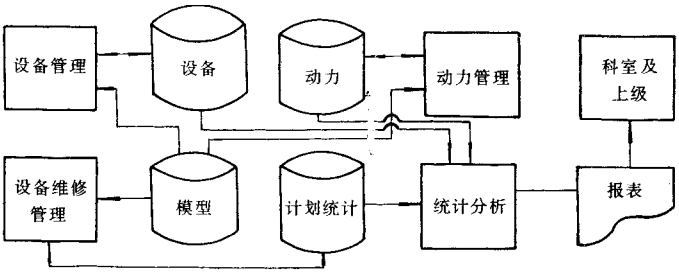


图 12－1－30　设备动力管理子系统信息关联图

(十)综合辅助决策子系统

从目前我国矿山企业的管理现状来看,矿山管理信息系统当前的主要任务是完成事务处理,并向有关领导提供决策所需的数据报表。从长远来看,必须借助各种模型和方法,提供各种决策方案,为企业领导提供决策支持。但要实现这一点,首先必须打好科学管理的基础,因此,本子系统的建立和使用,必须根据具体条件,分阶段进行。初期一般在小范围建立和使用辅助决策模型,以解决企业迫切需要解决的决策问题,随着应用范围的逐步扩大,模型及方法的逐步增加逐步建立完善的模型库及方法库的管理系统。对于矿山企业来说,可以逐步开发和应用如下的辅助决策模型:

(1)线性规划模型;(2)非线性规划模型;(3)多目标规划模型;(4)动态规划模型;(5)投入产出模型;(6)量本利分析模型;(7)网络计划模型;(8)库存优化模型;(9)ABC 分类模型;(10)预测模型;(11)价值工程模型;(12)质量管理模型;(13)设备维修与更新模型;(14)风险决策模型;(15)系统动态仿真模型等。

第二章　网络计划技术与项目管理

第一节　网络计划技术

一、网络计划技术的特点

进度管理是工程建设管理的中心内容。人们表示进度计划的一种常用图表是横道图。横道图是由美国人 H.L.Gantt 发明的，所以横道图又叫甘特(Gantt)图。横道图具有简单直观、易于掌握的优点，因此得到普遍采用。但这种表示进度计划的方法也存在着缺点，例如不便于明确表示各工序之间相互依存与制约的关系等，而其最大的缺点是不便于用计算机进行处理和编制计划，因此横道图很难调整和更新，往往会随着情况的变化而失去时效性，起不到控制项目的作用。一般来说，横道图作为表示进度计划的图表有其明显的优势，但作为计划编制和控制的工具，就有较大的局限性，适用于小型项目或大中型项目中的局部作业计划。

网络计划技术是为了适应对复杂系统进行计划管理的需要于 50 年代发展起来的计划编制及控制技术。1956 年，美国杜邦化学公司结合一个新厂的建设，提出了一种用节点和箭线图表示建设进度计划的“关键路线法(Critical Path Method，简称 CPM)”，应用此种计划方法的结果，使该项工程比原计划提前了 2 个月时间。50 年代后期，美国海军武器部门结合研制北极星导弹潜艇，提出了“计划评审技术(Program Evaluation and Review Technique，简称 PERT)”，通过应用这一计划方法，使得潜艇研制任务获得圆满成功。上述计划编制方法都是建立在网络模型基础上的，统称网络计划技术，其特点如下：

1. 应用网络图形式来表达一项计划中的各个工序之间的逻辑关系；

2. 通过计算可以找出计划中关键工序和关键线路；

3. 可以综合地反映进度、费用和资源的关系，进行统筹的计划与管理；

4. 适合应用计算机进行计划的优化，并在计划执行过程中迅速地调整和控制。

计划评审技术和关键路线法在基本原理、图形结构以及确定关键路线的方法上是一致的，其主要区别在工序活动时间的确定方面。在关键路线法中工序的时间是确定的，而计划评审技术中工序的持续时间则基于概率估计，是不确定的。在关键路线法和计划评审技术作为网络计划的基本模式出现以后，根据工程管理实践的需要，又出现了其他一些网络计划模式，如组合网络、搭接网络、决策关键路线法和图解评审法等等。

二、网络模型的建立

建立网络计划模型的基本步骤是：(1)根据拟定的技术方案，按需要的详细程度划分工作项目；(2)确定工作之间的逻辑关系、估计各工作的持续时间及资源占有量等参数，通常用一个工序关系表来统一记录工序的逻辑关系；(3)用网络图表示工作之间的逻辑关系，建立项目各项工作之间的联系，作为计划编制及优化的基础。

1. 双代号网络图

双代号网络图和单代号网络图是网络图最常用的两种类型，其中我国习惯上应用较多的是双代号网络图，西方国家比较喜欢使用单代号网络图。

双代号网络图如图 12－2－1 所示。在双代号网络图中，箭线表示一项工作。工作是一项具体内容，需要占用一定的时间，一般情况下也占用人力物力等资源。线的箭尾表示该工作的开始，箭头表示该工作的结束。

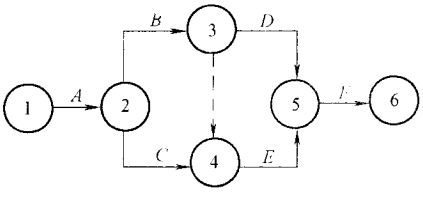


图 12－2－1　双代号网络图

虚箭线仅在双代号网络图中使用，它表示一项虚拟的工作，用来使有关工作的逻辑关系得到正确表达。虚工序不消耗资源，持续时间为零。虚箭线的表示形式如图 12－2－1 中的虚工作 3 至 4 所示。

节点在双代号网络图中表示一项工作的开始和结束，节点也称为事项或事件，在网络图中用圆圈表示。节点按其在网络图中的位置可分为最初开始节点、最终结束节点和

中间节点。最初开始节点表示工程中第一项工序活动的开始及整个工程任务的开始;最终结束节点表示工程中末项工序活动的结束及整个工程任务的结束;中间节点表示前后两项工序活动的衔接,它既是前项工序活动的结束节点(完工事项),又是后项工序活动的开始节点(开工事项),由于节点只表示工序活动的开始与结束,或表示前后两项工序活动的瞬间衔接,所以认为它不占用时间和资源,起的是一种标志作用。

每个节点都必须编号,号码标注在节点内。号码可间断,但不能重复。

严格地说,在网络图中,一条箭线连同带编号的箭头事项和箭尾事项才表示一项确定的工序活动。箭线的箭尾节点编号宜小于箭头节点编号。

2. 单代号网络图

图 12－2－2 为一个单代号网络图,该图和图 12－2－1 表不的是同一个项目。在单代号网络图中,箭线仅表示紧邻工作之间的逻辑关系。节点在单代号网络图中表示一项工作,可用圆圈或矩形方框表示。同样地,每个节点都必须编号,号码可间断,但不能重复。单代号节点所表示的工作名称、持续时间和工作代号应标注在节点图形内。

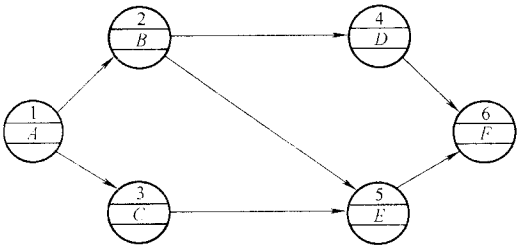


图 12－2－2　单代号网络图

在单代号网络图中,一项工作必须有唯一的一个节点及相应的一个编号。

3. 工序的逻辑关系

对于相邻工序活动来说,前面的称紧前工序活动,后面的称紧后工序活动。只有紧前工作完成后,紧后工作才可以开始。在图 12－2－1 中,A 工作是 B 工作和 C 工作的紧前工作,B 工作和 C 工作是 A 工作的紧后工作。

可以同时进行的工作互称平行工作。例如,图 12－2－1 中的 B 工作是 C 工作的平行工作,C 工作是 B 工作的平行工作。

4. 线路与关键线路

线路是指从网络图的起点开始,顺着箭头所指的方向,连续不断地到达终点的通道。网络图中的线路可依次用该线路上的节点编号来记述。一张网络图中往往包括有多条线路,其中所需时间最长的线路称为关键线路。关键线路的含义是只有当这条线路完工时,才标志着整个工程任务的完成。关键路线上的工序称为关键工序。关键线路宜用粗

线、双线或彩色线标注。

5. 网络图的绘制原则

绘制网络图时，按照工艺流程顺序及逻辑关系，工序从左向右排列。双代号网络图中一项工作可用图 12－2－3 所示的方法进行表示；单代号网络图中一项工作可用图 12－2－4 所示的方法进行表示。

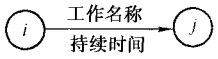


图 12－2－3　双代号网络图的工作表示方法

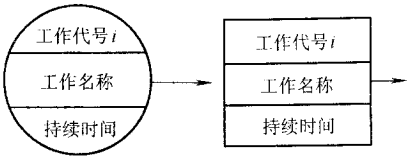


图 12－2－4　单代号网络图的工作表示方法

网络图中不能出现从一个节点出发，顺箭头方向又回到原出发点的循环回路，如图 12－2－5 中的循环回路 $BCHG$。

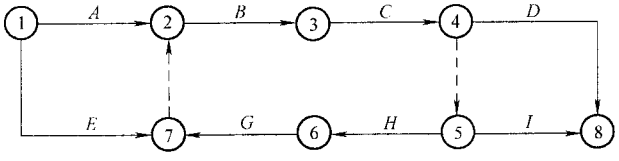


图 12－2－5　有循环回路的错误网络图

网络图中不能出现有双向箭头或无箭头的连线，如图 12－2－6 所示。

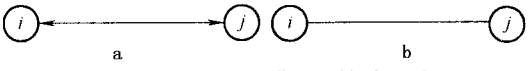


图 12－2－6　错误的箭线画法

a—双向箭头的连线；b—无箭头的连线

网络图中不能出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线，如图 12－2－7 所示。

两节点之间不能有两条或两条以上的箭线直接相连，如图 12－2－8 所示。

当网络图的起点节点有多条外向箭线或终点节点有多条内向箭线时，为使图形简洁，可应用母线法绘图。所谓母线法绘图，就是将多条箭线经一条共用的母线线段从起点节点引出，如图 12－2－9a 所示；或者是将多条箭线经一条共用的母线线段引入终点

节点，如图 12－2－9b 所示。

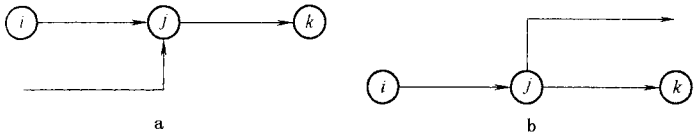


图 12－2－7　没有箭尾和箭头节点的箭线
a—没有箭尾节点的箭线；b—没有箭头节点的箭线

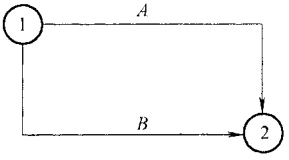


图 12－2－8　两节点之间的错误连接

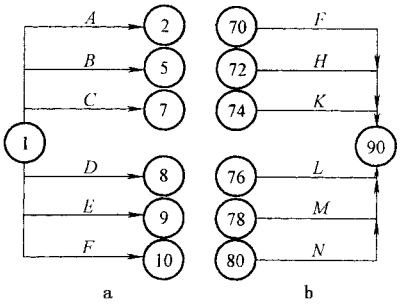


图 12－2－9　母线法绘图

但箭线线型不同（粗线、细线、虚线、点划线或其他线型）且能导致误解时，不得用母线法绘图。

绘制网络图时，宜避免箭线交叉。当交叉不可避免时，可采用图 12－2－10 中的表示方法。

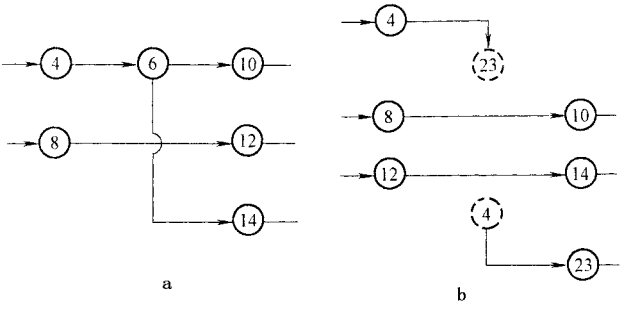
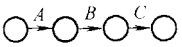
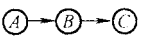
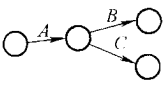
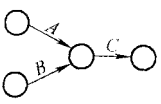
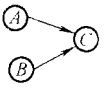
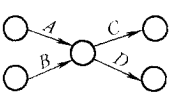
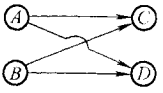
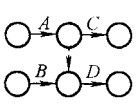
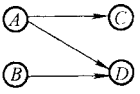
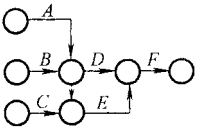
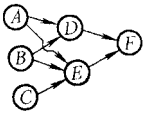
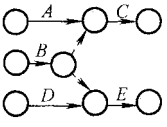
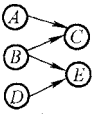


图 12－2－10　箭线交叉的表示方法
a—过桥法；b—指向法

双代号和单代号网络图中逻辑关系的表示方法应符合表 12－2－1 的规定。

表 12－2－1　几种逻辑关系的表示方法

序号	逻辑关系	双代号表示方法	单代号表示方法
1	A 完成后进行 B B 完成后进行 C		
2	A 完成后同时进行 B 和 C		
3	A 和 B 都完成后进行 C		
4	A 和 B 都完成后同时进行 C 和 D		
5	A 完成后进行 C A 和 B 都完成后进行 D		
6	A、B 均完成后进行 D A、B、C 均完成后进行 E D、E 均完成后进行 F		
7	A、B 均完成后进行 C B、D 均完成后进行 E		

网络图只能有一个起点节点和一个终点节点(多目标网络计划除外)。除起点节点和终点节点外,不能出现其他没有内向箭线或外向箭线的节点。

对于双代号网络图,在工程开工时有几道工序平行作业,以及在几道工序平行作业完工后工程即告完工时要注意不要产生多个起点节点和终点节点。图 12－2－11 所示的网络图中有两个起点节点,两个终点节点,一个没有内向箭线的节点和一个没有外向箭线的节点。该网络图的正确画法如图 12－2－12 所示。

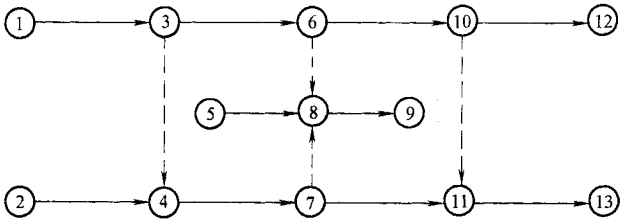


图 12－2－11　错误的网络图

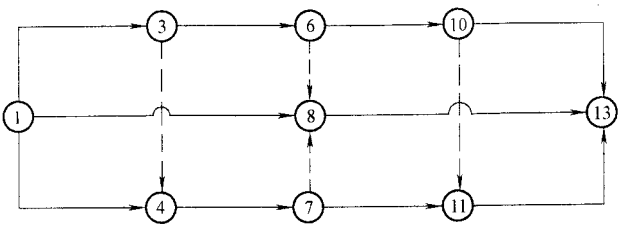


图 12－2－12　正确的网络图

单代号网络图中有多项开始工作或多项结束工作时，应在网络图的两端分别设置一项虚拟的工作，作为该网络图的起点节点和终点节点，如图 12－2－13 所示。

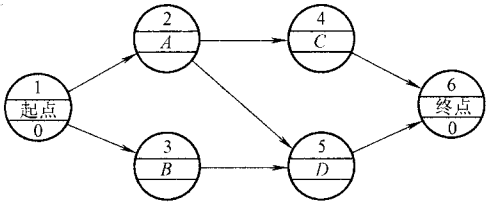


图 12－2－13　具有虚拟的起点节点和终点节点的单代号网络图

6．网络计划的时间参数

(1)最早开始时间和最早完成时间

最早开始时间是在紧前工作的约束下，本工作有可能开始的最早时刻。最早完成时间是在紧前工序的约束下，本工序有可能完成的最早时刻。

(2)最迟完成时间和最迟开始时间

最迟完成时间是在不影响任务按期完成的条件下，工序最迟必须完成的时刻。最迟开始时间是在不影响任务按期完成的条件下，工序最迟必须开始的时刻。

(3)总时差和自由时差

总时差是在不影响项目总工期的前提下，一项工序可以利用的机动时间。工作的总时差用 TF 表示。

自由时差是在不影响紧后工作最早开始的前提下，一项工作可以利用的机动时间。工作的自由时差用 FF 表示。

从总时差的定义可知，自由时差等于或小于总时差，自由时差不可能大于总时差，总时差为零时，自由时差必然为零。

7. 时间坐标网络图

时间坐标网络图就是带有时间坐标的网络图，它吸收了横道图的概念。在时间坐标网络图中，箭线的长短是和工序作业时间的长短成比例的。画图时，代表非关键工序的箭线要画成实线与虚线相结合的形式。实线部分的长短要和工序作业时间成比例，虚线为欲与相应节点相接而延伸的部分。根据工序的开始时间，分别可绘出最早时间的时间坐标网络图、最迟时间的时间坐标网络图、最早时间与最迟时间相结合的时间坐标网络图、开工时间优化安排的时间坐标网络图。

图 12－2－14 为普通网络图，图 12－2－15、图 12－2－16、图 12－2－17 分别为由图 12－2－14 转换的最早时间的时间坐标网络图、最迟时间的时间坐标网络图、最早时间与最迟时间相结合的时间坐标网络图。

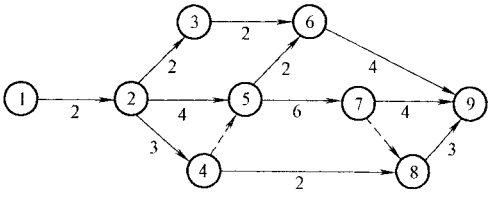


图 12－2－14　没有时间坐标的网络图

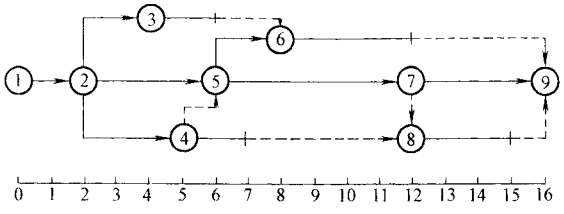


图 12－2－15　最早时间的坐标网络图

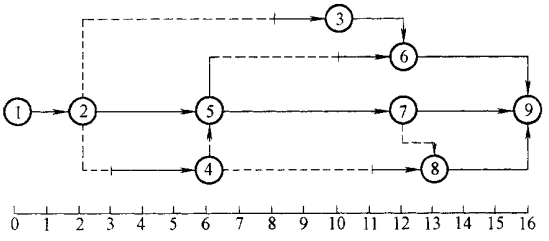


图 12－2－16　最迟时间的坐标网络图

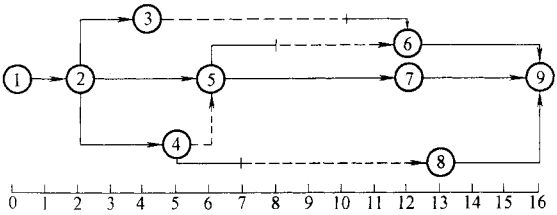


图 12－2－17　最早－最迟时间的坐标网络图

时间坐标网络图的特点是能够反映出整个计划进程的时间概念，并使人们可以清楚地看到整个计划中所有工序活动的关系、位置及其时间分配。从局部上，可以直观地判断出工序活动的开始和结束位置，延续时间的长短及其机动时间的多少；从整体上，可以直观地判断各条线路的紧张程度，哪条是关键路线，哪条是具有大量机动时间的非关键路线等，为资源的调配、进度的协调提供了便利条件。以时间坐标网络图为基础还可进一步变换为日历时间网络图。

8. 搭接网络

在前面介绍的网络图中，工序之间的关系都是要求前道工作结束之后，后继工作才能开始。但是，在工程践中，工作之间往往还存在许多其他的逻辑关系。例如，图 12－2－18 所示为基建施工中的开挖基坑及浇注混凝土基础这两道工作，两项工作的持续时间都为 6d。其中浇灌混凝土工作不必等开挖工作完成后才进行，而是在开挖基坑工作开始 2d 后就可以进行了，也就是说，这两项工作可以搭接进行。由于搭接施工，就显著缩短了总工期。

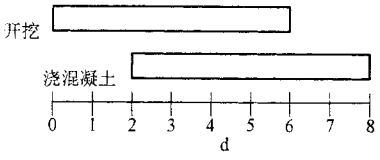


图 12－2－18　工作的搭接关系

图 12－2－18 所表示的这种工作之间的关系就是一种搭接关系。现在要求把这种工序之间的关系用网络图表示，可想而知，若用前面所规定的相邻工作之间关系的表达方式，在表达这种搭接关系时只有一条解决问题的途径，即把原工作分解为两部分，否则无法画出网络图。但这样一来网络图会变得更为复杂。

搭接网络允许工作之间存在搭接关系。所谓搭接网络，实际上是一种单代号网络图，只是在工作之间的箭线上要标明工作之间的搭接关系。图 12－2－19 就是用搭接网

络表示图 12－2－18 所示的工作搭接关系的情形。图中的 SS 和 FF 表示搭接关系的类型。

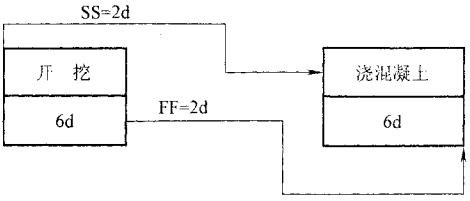


图 12－2－19　搭接网络表示工作搭接关系

通常的搭接关系有以下 4 种，如图 12－2－20 所示。

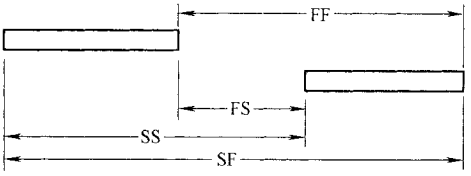


图 12－2－20　工作之间的 4 种搭接关系

(1)开始到开始。两道工作开始到开始的搭接关系，是指前道工作开始一段时间后，后继工作才开始进行，这种关系用 SS 或 STS 表示(Start to Start)。

在图 12－2－19 中，SS＝2d 表示搭接关系为开始到开始关系且搭接时距为 2d。时距是指搭接关系指定的前道工作的时间(注意时间的类型与搭接关系的类型相对应)和后继工作的时间的间距。

(2)结束到结束。两道工作结束到结束的搭接关系是指前道工作结束一段时间后，后继工作才结束，这种关系用 FF 或 FTF 表示(Finish to Finish)。

(3)结束到开始。两道工作结束到开始的搭接关系是指前道工作结束一段时间后，后继工作才开始进行，这种关系用 FS 或 FTS 表示(Finish to Start)。

(4)开始到结束。两道工作的开始到结束的搭接关系是指前道工作开始后，后继工作应在某个时间结束，这种关系用 SF 或 STF 表示(Start to Finish)。

目前流行的项目管理软件大都可以输入和处理工作的搭接关系。输入搭接关系时，输入搭接关系的类型和时距即可。

9. 网络图的简化与合并

一项工程，往往需要由很多部门或单位共同完成。整个工程的管理部门，需要绘制

的是跨单位的工序程度较高(即每道工序包括的工作内容较多)的网络图。它是以各单位为完成整个工程的局部网络图为基础的。而各单位绘制的网络图,工序的划分比较细致,每道工序所包含的工作内容较少,即工序的综合程度较低。将工序综合程度较低的网络图,合并为工序综合程度较高的网络图,从而使工序数目减少,称为网络图的简化。而把若干个局部的网络图合并为一个网络图,称为网络图的合并。网络图的简化,要注意简化后的时间参数相一致。简化后的某一工序,所需要的时间等于简化前组成该工序的各道工序所需要时间的总和。

三、网络计划的优化与调整

对于给定的工程任务,当绘制出网络图,确定了各项工序活动的作业时间,计算出节点和工序的时间参数,找出关键路线后,我们就得到了工程进度的初始网络计划。但是,初始网络计划仅仅是根据工序的逻辑关系作出的工序的时间安排,因此往往需要进一步优化和调整。所谓优化和调整,就是根据工程建设某一目标的要求,如工期最短、成本最低或满足某种资源约束条件下工期最短、或满足时间规定条件下投入资源最大限度的均衡等,通过不断调整网络计划初始方案的办法来寻找最佳实施方案。这种调整包括在工艺允许的情况下调整网络图的部分结构 在客观情况允许条件下缩短部分工序的作业时间 在时差允许范围内推迟某些工序的开工时间等,从而使计划满足要求并达到优化的目的。

1. 工期结构优化

一般说来,组成工程任务的各项工序活动之间的关系,有些是固定的,有些则是可以变化的。工期结构优化是指在客观允许的情况下,通过适当地改变工序活动之间的关系,使工程任务的总工期得以缩短。改变网络结构的实质是改变网络的关键路线。工序活动之间关系的变化可以分为以下几种情况:

(1)改变某些工序活动之间的先后顺序。例如在图 12-2-21 中,若工序 H 和 K 的施工顺序能允许互换,将图 12-2-21a 变换成图 12-2-21b 的形式,则工程任务的工期由图 12-2-21a 的 17d 缩短为图 12-2-21b 的 15d。

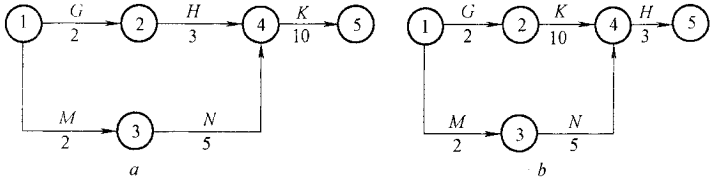


图 12-2-21　改变工作的先后顺序

a—顺序改变前;b—顺序改变后

(2)改变工序间的衔接关系。例如在图 12－2－22a 中,如果工序 C 不一定非要排在工序活动 D 的前头,只要在 E 开始之前完成即可,可将图 12－2－22a 变为图 12－2－22b,两图相比,按图 12－2－22b 组织施工,可使工程工期由图 12－2－22a 的 15d 缩短为图 12－2－22b 的 12d。

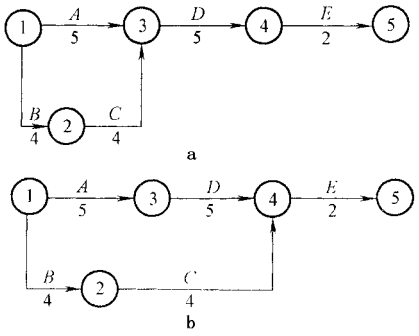


图 12－2－22　改变工作的衔接关系

a—衔接关系改变前;b—衔接关系改变后

(3)将串联改为并联。如将图 12－2－23a 所示的串联工序 A 和 B,改为图 12－2－23b 所示的并联关系,则工期由原来的 8d 缩短为 5d。

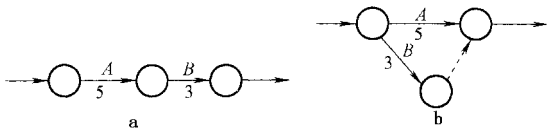


图 12－2－23　将串联改为并联关系

a—串联工作;b—并联工作

(4)将串联关系改为平行交叉作业关系。例如,将图 12－2－24a 所示的串联工序改为图 12－2－24b 所示的交叉作业关系,则工期由原来的 14d 缩短为 10d。

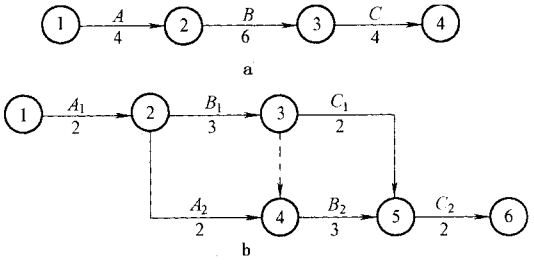


图 12－2－24　将串联改为平行交叉作业关系

a—串联工作;b—交叉工作

如果不能改变网络结构或虽然改变了网络结构但工期仍然不能满足要求时，就必须通过缩短关键工序的持续时间来缩短工程的工期。一般说来，可以通过增加投入和劳动强度达到缩短工序持续时间的目的，但缩短工序的持续时间会增加工程的成本，因此，应在满足工程工期的前提下，在关键路线上寻找最有利工序作为主要目标来压缩工期，使得追加的成本最小。

2. 工期资源优化

当投入到工程任务的资源有限时，如果根据网络计算的结果，各工序活动都按最早开始时间开工，在某些时间段内，各工序活动对资源的累计需求量可能超过供给的限额。一旦出现这种情况，原有的计划方案就难以按既定目标实现。为了使任务总工期不拖延，一条解决问题的途径是合理利用非关键工序的时差，有选择地推迟一些工序的开工时间，削减资源需求的峰值，达到资源的均衡使用。只要安排得当，既可使各项工序活动在原定作业时间内所需要的资源得到满足，又可使在各个时间区段内进行的工序活动所需资源的总和不超过资源供给的限额。因此，工期资源优化的实质是，对于处于超资源时间区段内的各项工序活动，根据其重要程度，把一部分推迟到该时段以后进行，从而逐段解决各个时间区段内的资源共需平衡问题。

3. 工期成本优化

工期成本优化是求工程任务总成本最低时的合理工期。

任何工程任务的成本都可以划分为直接费用和间接费用两大部分，它们与工期之间的关系通常如图 12－2－25 所示。

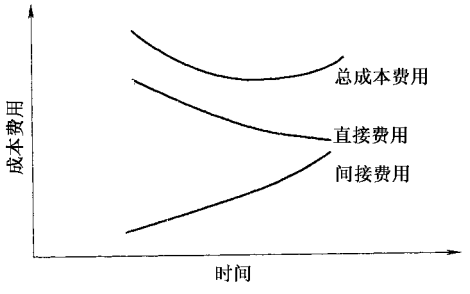


图 12－2－25　工期与成本的关系

从图 12－2－25 中可看出，对应工期较长处，直接费用下降，间接费用上升；对应工期较短处，直接费用上升，间接费用下降。

为找出成本最低的合理工期，可以初始网络计划确定的工期为基准，通过不断压缩关键路线的时间，并计算不同工期条件下的总成本，通过比较，选出最优方案。

4. 网络计划执行过程中的调整

网络计划执行过程中的调整是一个动态过程。当一个经过优选的计划方案付诸于实施以后，由于实际工作的复杂性和内外条件的变化，计划执行过程中出现一些影响原定方案执行的新问题和新情况是很常见的，因此需要对原方案进行调整，以使整个工程任务自始至终都处在网络图的控制之下。

四、计算机网络编号的逻辑运算方法

要应用网络计划技术，首先应建立网络模型。尽管应用目前一些项目管理软件时，只要给出工序的紧前工序号就可表示工序间的逻辑关系，软件会自动根据工序的紧前工序号按网络的编号规则建立网络模型，但如果要自己开发网络模型处理系统，就无法借用这些方便。下面给出笔者提出的一个网络计划模型计算机编号的逻辑运算方法，该算法是针对双代号网络模型编号规则而提出的，并假设已由紧前工序号给出了工序间的逻辑关系。

1. 有关约定

为了叙述方便，作如下约定：

(1)工序用 A、B、K 表示；

(2) W_{AX}表示 A 工序的一个紧前工序，用 $\{W_A\}$表示 A 工序所有的紧前工序，$\{W_{AX}\}$ 表示 A 工序的部分紧前工序子集，在特例情况下 $\{W_A\} = \{W_{AX}\}$；

(3)任何工序的起点用‘I’表示，终点用‘J’表示，$I(A)$是 A 工序的起点，$J(A)$是 A 工序的终点；

(4) M 表示工序编号状况：$M(A) = 1$ 表示工序 A 的起点已编号，$M(A) = 2$ 表示工序 A 的终点已编号，$M(A) = 0$ 表示工序 A 尚未编号；

(5)符号‘$\wedge$’表示逻辑和；‘$\vee$’表示逻辑或；‘$\neq$’表示逻辑非；‘$\mid$’表示集合；‘$\in$’表示属于；‘$\notin$’表示不属于。

此外，对网络模型双代号编号原则作以下规定：

(1)事件 1 表示任务开始，从事件 1 出发的工序没有其他紧前工序；

(2)工序 A 在事件 $J(A)$开始，在事件 $J(A)$结束；

(3)对每道工序 A 来说，$I(A) < J(A)$；

(4)$(I(A), J(A))$表示且仅能表示工序 A。

2. 始点事件编号

令 $E = 1$。

没有紧前工序的工序始点编号显然是始点事件编号。检查工序 A，凡满足公式

$\{W_A\} = \varnothing$　　($\varnothing$ 为空集)的工序 A 令 $I(A) = E$，$M(A) = 1$。

3. 中间事件编号

给中间事件编号的思路是从始点事件入手，按紧前工序提供的逻辑关系，循序推进。首先令 $E = E + 1$，然后检查工序编号状态。

(1)满足公式

$M(A) \neq 0 \vee M(W_{AX}) = 0$ 的工序 A 现在不具备编号条件或暂时不必考虑。

(2)如果工序 A 满足

$$\{M(W_A)\} = \{1\}$$

即所有紧前工序的始点(也仅仅是始点)都已编号，这时：

①给工序 A 始点编号，令 $I(A) = E$，$M(A) = 1$，

②给工序 A 的紧前工序 W_{AX} 终点编号，分两种情况：

a. 如果 W_{AX} 满足

$$I(W_{AX}) = I(W_{AX}) \wedge J(W_{AY}) = E \wedge W_{AX} \neq W_{AY} \tag{2-1}$$

则增设虚工序 K，令

$$I(K) = E + 1, J(K) = E, M(K) = 2$$

$$J(W_{AX}) = E + 1, M(W_{AX}) = 2$$

增设虚工序后，虚工序 K 的紧前工序为 W_{AX}，而 A 工序原来的紧前工序 W_{AX} 则应更换为 K 工序。同时，对于满足

$$W_{BX} = W_{AX} \wedge M(B) \neq 0$$

的工序 B，也应把 W_{BX} 换成 K。以后遇到与此类似情况，用同样道理改变紧前工序，不再赘述。

b. 对于不满足(2-1)式的 W_{AX}，令 $J(W_{AX}) = I(A)$，$M(W_{AX}) = 2$

(3)如果工序 A 满足

$$\{M(W_{AX})\} = \{2\}$$

即所有的紧前工序终点均已编号，这时：

①如果所有紧前工序终点编号相同，即

$\{J(W_{AX})\} = \{C\}$　　(C 为常数)

则有：

a. 如果有工序 B 满足

$$J(B) = J(W_{AX}) \wedge B \notin \{W_A\} \tag{2-2}$$

则令 $I(A) = E$，$M(A) = 1$，增设虚工序 K，令 $I(K) = J(W_{AX})$，$J(K) = I(A)$，$M(K) = 2$，改变 W_{AX} 的终点编号，令 $\{J(W_{AX})\} = \{E\}$。

b. 如果没有工序 B 满足(2-2)式，则令

$$I(A)=J(W_{AX}),M(A)=1$$

②如果存在 W_{AX}，W_{AY} 满足

$$J(W_{AX})\neq J(W_{AY})$$

这时需要逐个检查每个紧前工序的情况。

首先令 $I(A)=E$，$M(A)=1$，然后改变 $\{W_{AX}\}$ 的终点编号，按下列步骤逐个检查每个 W_{AX}：

a. 令 $U=J(W_{AX})$

b. 对于满足

$$J(B)=U\wedge B\in\{W_{AX}\}$$

的工序 B，令 $J(B)=E+1$，同时增设虚工序 K，$K+1$，令

$$I(K)=J(B),J(K)=E,M(K)=2$$

$$I(K+1)=J(B),J(K+1)=U,M(K+1)=2$$

同时令 $E=E+2$，$K=K+2$；

c. 检查下一个 W_{AX}，如果 W_{AX} 的终点编号已经被改动过则检查另外的 W_{AX}，否则按上述步骤重新进行编号，直到所有的 W_{AX} 处理完毕。

(4)如果工序 A 满足

$$\{M(W_{AX})\}=\{1\}\wedge\{M(W_{AY})\}=\{2\}$$

即一部分紧前工序的终点已经编号，另一部分紧前工序终点尚未编号，这时

①令 $I(A)=E$，$M(A)=1$，

②检查每一个紧前工序 W_{AX}：

a. 如果 $M(W_{AX})=2$，则按照前面所用方法改变 W_{AX} 的终点编号；

b. 如果 $M(W_{AX})=1$，则按照前面所用方法给 W_{AX} 终点编号：

c. 重复以上过程，将工序 A 的所有紧前工序处理完毕。

(5)令 $E=E+2$，重复(1)～(4)步骤，直到所有的工序 A 满足 $M(A)>0$。

4. 终点事件编号

显然，$M(A)=1$ 的工序 A，其终点尚未编号，这些工序的汇合点即为终点事件。

(1)令 $U=E+1$，$E=E+1$

(2)设 $M(A)=1$，如果工序 B 满足

$$I(A)=I(B)\wedge J(B)=U$$

则令 $J(A)=E+1$，$M(A)=2$，同时增设虚工序 K，令 $J(K)=E+1$，$J(K)=U$，$M(K)=2$。否则，令 $J(A)=U$，$M(A)=2$。

(3)令 $E=E+1$，按(2)中所述方法处理所有 $M(A)=1$ 的工序 A。

5. 事件编号重排

以上编号方法会出现 $I(A) > J(A)$ 的情况，这不符合网络编号原则。下面根据上述方法所编的号，重新以由小到大连续性的数码确定事件的编号。

令所有工序的编号状态 $M(A) = 0$，令 $E = 2$。

(1)始点事件编号。由上述方法产生的始点事件编号为 1，因此不必重新编号。检查工序 A（A 代表所有工序），如果工序 A 满足 $J(A) = 1$，则令 $M(A) = 1$。

(2)中间事件和终点事件的重新编号：

①首先从 $M(A) = 1$ 的工序 A 开始，令 $U = J(A)$；

②然后寻找有没有其他工序满足 $J(B) = J(A)$；

a. 如果没有这样的工序 B，则令 $J(A) = E$，$M(A) = 2$，$E = E + 1$，并寻找满足 $J(K) = U$ 的工序 K，令 $I(K) = J(A)$，$M(K) = 1$。

b. 如果有这样的工序 B，检查工序 B 的始点是否已经重新编号。如果已经重新编号，则令 $J(A) = E$，$J(B) = E$，$M(A) = 2$，$M(B) = 2$，$E = E + 1$，寻找满足 $I(K) = U$ 的工序 K，令 $J(K) = J(A)$，$M(K) = 1$。如果工序 B 的始点没有重新编号，则工序 A 暂时不具备编号条件。

③在寻找过程中，如果 $M(A) = 2$，则表示该工序的编号已经完成。如果所有的工序状态都满足 $M(A) = 2$，则整个网络模型编号全部完成。

五、采掘作业网络分析模拟系统

某矿是一个年设计生产能力为 180 万 t 的大型地下矿，采用的采矿方法共有无底柱分段崩落法、有底柱分段崩落法和房柱法 3 种。由于多种采矿方法并存，要求按严格顺序多分段水平组织采掘生产作业。本系统是根据该矿的实际情况而建立的，用于优化采掘顺序和编制采掘进度计划。

1. 系统模拟方法

模拟系统采用的模拟方法如下：

(1)把一定时期的采掘生产任务分解为相互独立的工序，然后按工序的逻辑顺序构造网络分析模型；

(2)以此模型为模拟基本事件表，模拟采掘作业的生产活动，事件(工序)发生的时间由网络制约关系确定；

(3)随着模拟时间步长的增加，扫描事件的活动状态；

(4)根据一定的计划原则和指标，调整工序的生产时间和顺序，修改事件表中未发生事件的时间参数；

(5)从模拟结果中优选采掘进度计划方案。

2. 采掘作业网络分析模型

(1)工序集合

将采掘生产主要工序分为掘进、中孔(凿岩)和回采 3 大类。各类工序相对独立,放在同一个模型里可以充分地考虑它们之间的影响关系。回采类工序是一类特殊的工序,不仅占用资源,而且还输出一种资源——矿石。

(2)工序模拟参数

工序本身是一个事件,根据采掘作业性质为工序设置了以下模拟参数:

①地址参数,包括工程编号、工程名称、所属水平编号和矿块编号。

②工程类型,共分掘进类、中孔类和回采类 3 种类型。

③施工时间,即工序可能持续时间。

④带矿,即掘进类工序的带矿量。

⑤矿石储量,即回采类工序的矿石储量。

⑥矿石品位,即带矿或储量矿石的品位。

⑦损失率和贫化率,即回采工序的矿石损失率和贫化率。

⑧单位时间出矿量,即回采工序单位时间的出矿能力。

⑨作业量,包括掘进和中孔作业量。

⑩占用资源量,其中掘进和中孔类工序占用的资源分别为掘进队和中深孔凿岩机,回采类工序占用的资源为铲运机和电耙。

3. 模拟规则

根据矿山实际生产计划安排原则制定模拟规则。

(1)回采类工序规则

要优先安排备用时间较长的回采工序投入生产,同时尽量按矿石生产优化目标选择回采工序投入生产。前者的意义是尽可能地减少回采工序的备用时间,后者则是在前者的基础上根据回采生产的优化目标,选择投入生产的回采工序。

(2)掘进类和中孔类工序规则

掘进类工序由掘进队统一负责施工,即掘进类工序占有的有限资源为掘进队;中孔类工序占有的有限资源为中深孔凿岩机。一般情况下,正在某一矿块内作业的掘进队(中深孔凿岩机),在该矿块的全部掘进作业(中孔作业)完成以前不能转向其他矿块;限制同一矿块内同时作业的掘进队数(凿岩机数);当工序发生资源冲突时,优先安排对工期影响最大的工序施工。

4. 作业计划优化

(1)回采作业的优化模型

回采作业的优化目标是,保证矿石产量,争取品位最优。即在某一生产时期内,在保证矿石产量不低于计划指标的前提下,要求出矿品位尽量均匀。

优化目标是通过建立 0—1 规划模型,择优安排回采工序投入生产实现的。假设在某时刻有多个新回采工序可以安排生产。计划调整时,首先计算可以安排生产的回采工序和正在回采的回采工序在单位时间内矿石生产能力的总和是否大于要求的矿石产量。如果生产能力小于或等于要求的矿石产量,则将可以安排生产的回采工序全部投入生产,否则,要通过 0—1 规划模型求解,按品位最优原则选择投入生产的回采工序。

首先设在时刻 t 有 M_0 个新回采工序可以安排生产,又设:

Q_k——第 k 个回采工序单位时间出矿量;

R_k、P_k、S_k——分别为 k 回采工序的矿石地质品位、贫化率和损失率;

RS_{ky}——k 回采工序所需第 y 种设备数量;

R_{yt}——时刻 t 时可以投入使用的第 y 种设备数量;

R_0、A——分别为矿石计划品位和单位时间产量;

Q_{01}——时刻 t 时,所有正在回采的回采工序单位时间内生产的矿石总量;

Q_{02}——Q_{01} 折合的金属量;

x_k——0—1 变量,x_k 为 0 表示回采工序不投入生产;

x_k 为 1 表示回采工序投入生产。

建立如下优化模型:

$$\mathrm{Min}Z_0 = \left| \frac{Q_{02} + \sum_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \cdot R_k \cdot (1 - P_k) - R_0}{Q_{01} + \sum_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k} \right| \tag{2-3}$$

$$st: \begin{cases} Q_{01} + \sum_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \geqslant A \\ \sum_{k=0}^{M_0} x_k \cdot RS_{ky} \leqslant R_{yt}^0 \quad y = 1,2 \end{cases}$$

模型目标函数的意义是寻求矿石产出品位与要求矿石品位偏差最小的那些回采工序。第一个约束条件表示矿石产出矿石量不应低于计划要求出矿量,第二个约束条件为资源约束。

(2-3)式的目标函数的分母中出现了 0—1 变量(x_k),这给模型的求解带来了很大的麻烦。但注意到目标函数的分母值实际上就是矿山在单位时间内矿石总产量,因此,为求解方便,可用产量指标 A 去近似代替它。此外还应把目标函数绝对值符号去掉,从

而把模型化为下面两个模型：

模型 1

$$\mathrm{Min}Z_1 = \frac{1}{A}\left[Q_{01} + \sum_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \cdot R_k \cdot (1 - P_k)\right] - R_0$$

$$st: \begin{cases} Q_{01} + \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \geqslant A \\ \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot RS_{ky} \leqslant R_{yt}^0 \\ \dfrac{1}{A}\left[Q_{02} + \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \cdot R_k \cdot (1 - P_k)\right] - R_0 \geqslant 0 \\ y = 1,2 \end{cases} \tag{2-4}$$

模型 2

$$\mathrm{Max}Z_2 = \frac{1}{A}\left[Q_{02} + \sum_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \cdot R_k \cdot (1 - P_k)\right] - R$$

$$st: \begin{cases} Q_{01} + \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \geqslant A \\ \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot RS_{ky} \leqslant R_{yt}^0 \\ \dfrac{1}{A}\left[Q_{02} + \sum\limits_{k=1}^{M_0} x_k \cdot Q_k \cdot R_k \cdot (1 - P_k)\right] - R_0 \leqslant 0 \\ y = 1,2 \end{cases} \tag{2-5}$$

求解(2-4)和(2-5)，比较 Z_1 与 Z_2 的绝对值，显然目标函数绝对值较小的模型求出的结果是我们要寻求的。至此，优化模型建立完毕。

另外，为了保证计划周期内矿石产量与要求矿石产量尽量接近，应随着时间步长的增加，根据已采出矿石总量对单位时间矿石指标进行调整，即

$$A = \frac{Q_g - Q_c}{T_c - \Delta T} \tag{2-6}$$

式中　A——单位时间矿石产量；

Q_g——计划周期内要求矿石产量；

Q_c——计划周期内已采出矿石量；

T_c——计划周期时间；

ΔT——模拟时刻 t 时，本计划周期内模拟时间净增量。

为了增加系统的灵活性，也可事先预设不同模拟时间段的矿石产量指标。

(2)掘进和中孔作业计划优化

掘进和中孔作业计划的优化目标是均衡利用有限资源,缩短掘进和中孔作业的施工时间。

采用 RSM 法优化掘进及中孔作业的施工计划。RSM 法是一种解决有限资源冲突问题的网络计划调整方法,其实质是通过工序的最早完成时间和最迟开始时间计算出工序的紧急度,优先安排对整个工期影响最大的工序施工。

六、模拟系统结构及结果分析

根据上述的生产优化目标、模拟规则以及各种计划指标,建立网络模拟系统,其主要结构如图 12－2－26 所示。

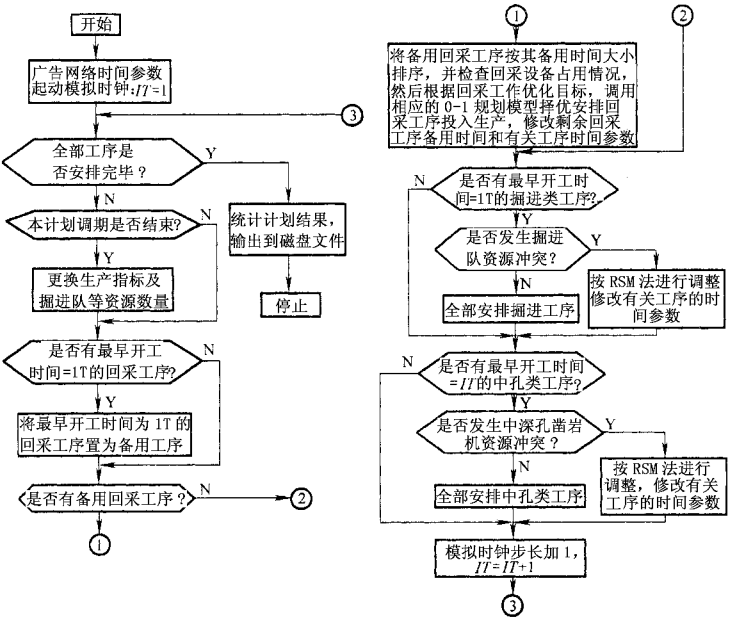


图 12－2－26　采掘作业网络模拟系统结构

对系统的模拟结果进行分析,能够找出较优的采掘进度计划,确定各工序的作业及生产时间、矿石产量以及掘进和中孔作业量等 ;并能找出作业队及设备配备的较佳方案 ;能预测采掘工作的动态进程,控制回采和掘进准备等工作的比例关系 通过变动各种计划指标、控制参数或者工序的逻辑顺序可作多方案选择。

第二节　以网络技术为基础的项目管理软件

网络计划技术是项目管理软件的核心技术。通过网络计划模型，在项目的各个工程（或工序）之间、工序所需的资源及费用之间建立起有机的联系，从而为利用计算机优化项目的进度计划、投资计划、资源计划等提供了基础。

早期的项目管理软件的性能受到当时计算机软硬件技术的限制，使用起来比较复杂，功能也不够完善。自 20 世纪 80 年代以来，微机技术的发展促进了方法灵活、界面友好、使用方便的微机版本项目管理软件的发展。特别是在 20 世纪 90 年代初，以美国 Microsoft 公司为首推出了 Windows 版本的项目管理软件，标志着项目管理软件进入了新的发展时期。项目管理软件市场也出现了大发展局面，通用的商业项目管理软件也越来越多。

目前流行的、价格性能比优越的微机项目管理软件主要有 CA－SuperProject、Microsoft Project、Sure Trak Pro Ject Manage、Texim Project、Time Line 等，这些软件都是由美国的计算机公司开发的。

一、项目管理软件功能简介

各种项目管理软件的功能尽管有一定差异，但都是以网络计划技术为基础的，实现的基本功能是相同的，一般都包括网络模型建立与分析、资源安排与优化、项目控制和图表输出等几个方面。

1. 网络模型建立与分析

网络模型是应用计算机进行项目管理的基础。现在的项目管理软件都有很方便的网络模型建立与分析功能：(1)可以用建立数据文件方式、紧前工序号输入方式或直观图形链接方式输入工序的逻辑关系，建立网络模型；(2)自动根据用户输入的工序逻辑关系生成网络图（也叫统筹图）；(3)可以自动计算各工序、事件的各种时间参数；(4)求出关键路线、关键工序和总工期。

2. 资源安排与优化

资源是指用于完成项目任务所需的人、设备、工具和物资等。项目管理软件一般都具有资源管理、根据资源安排计划和解决资源冲突等功能：(1)对于项目的每一道工序可以分配给多种资源；(2)资源的供应量和每道工序对资源的需要量，都可以随着时间的变

化而变化;(3)当资源发生冲突时,可以根据各工序的重要程度,设定各项工序对资源需求的优先级别;(4)能够根据工序对资源的需求量和资源的供应量,自动排出进度计划。

3. 项目控制

项目控制包括成本控制和进度控制两个方面。在成本控制方面,通常项目管理软件能够处理项目或工序与时间无关的固定费用(如管理费等)和工序随时间变化的费用(工序在单位时间内所需的费用),必要时可将时间与成本设成非线性关系;可进行成本和进度的同步计算;根据计划进度或实际进度制作全部工作或局部工作的资金流量图和各种成本曲线,为分析计划成本与实际成本之间的偏差、优化和调整计划提供决策依据。

对于进度的控制,采用的基本方法有:(1)跟踪项目进度,将计划进度与实际进度作对比,分析计划进度偏差的惊因;(2)通过瓦解关键路径或改变工序逻辑关系等方法处理关键路线;(3)根据不同情况分别为某些工序设定尽可能迟开工、尽可能早开工、完成不能早于某时、完成不能晚于某时、一定要在某时完成、一定要在某时开始、开始不得早于某时、开始不得晚于某时等任务约束条件。

4. 图表输出

图表在项目管理中起着重要的信息传递作用。项目管理软件能够生成和输出多种满足不同要求的图表:(1)表示进度计划的横道图、网络图、工作安排日历等图形,这些图形可以相互转换;(2)各种成本曲线和资源消耗量直方图;(3)按要求排序筛选后输出的有关图表(如关键路线);(4)分别表示工序基本情况以及资源情况等的各种表格。

二、Microsoft Project

Microsoft 公司是最早研究开发微机版本项目管理软件的公司之一。早在 20 世纪 80 年代末,Microsoft 公司研究开发的项目管理软件 Project 在美国就被评为优秀项目管理软件。1990 年,Microsoft 公司率先推出了用于 Windows 环境下的项目管理软件,即 Projectv1.0 forWindows,此后版本不断升级,由 Projectv1.0 for Windows 逐步发展到 Projectv4.x for Windows。Microsoft Project 功能全面,操作方便,具有很强的网络通讯功能。Project 是占据目前项目管理软件市场最大份额的软件产品。

Microsoft Project 的优点还在于,为了更好地体现用户自己的工作方式和提高项目管理的工作效率,用户可以对 Microsoft Project 进行自定义。例如,可以改变软件启动时显示的视图、工时单位(小时、天、周、月、季度或年)等默认设置;可以创建并自定义 Microsoft Project 的工具栏和工具栏按钮;可以创建新窗体来输入和查看信息;可以自定义视图和报表,改变页面外观;可以创建宏来自动执行重复操作,并可将宏赋给菜单命令或

工具栏按钮等等。

Microsoft Project 还包含有功能强大且易于使用的编程语言，即 Visual Basic for Application。使用 Visual Basic for Application，可以记录和创建简单的宏，或者编写复杂的应用程序，调用 Microsoft Project 的对象、方法和属性，对 Microsoft Project 进行控制和改造。

1998 年，Microsoft 公司推出了新版本 Project 98。新版本不仅功能更为完善，而且与 Microsoft Office 97 相兼容，能够利用 Microsoft Office 97 编辑完成大部分项目的计划制定工作。从 Project 98 开始，Microsoft Project 有了汉化版。可以预见，Project 98 汉化版的推出，对于该软件在我国的普及应用将会起到重要的促进作用。

第三章　矿山建设项目综合计划管理系统

以 Microsoft Project 为代表的项目管理软件是制定网络计划和对建设进程进行动态控制的有效工具。但由于矿山建设项目的特殊性，项目管理软件应用于矿山建设项目也有其不足之处，例如，不便于根据矿山工程专业特点及矿山管理制度来编制计划，输出的报表有的也不符合矿山管理的要求等等。

MCPMS 是根据矿山建设项目管理工作内容和目前采取的管理制度开发的矿山建设项目计划管理系统。

MCPMS 系统是一个多功能的综合计划管理系统，该系统提供矿山建设项目施工及投资的年度（季度）和月计划编制环境，施工及投资实际完成数据的统计、分析和管理功能。为使编制的计划科学合理和切实可行，从专业特点和施工组织管理的角度出发，将建设工程划分为掘进工程、支护工程、房屋建筑工程和其他工程（即前述三类工程之外的所有工程）几种类型，综合考虑各类工程的顺利衔接、投资额的平衡等因素制定施工及投资计划。

第一节　计划控制体系

通过 MCPMS 制定的计划和统计分析报告，主要的有 13 种，形成一个完整的计划控制体系。

一、年度掘进工程衔接计划

年度掘进工程衔接计划是指以月为时间坐标单位编制的掘进工程进度衔接计划。

该计划对年内各工程总掘进工程量,以及各月应完成的工程内容和工程量等作出安排。

二、年度掘进工程进度计划

年度掘进工程进展计划,是指以季度为时间坐标单位编制的掘进工程进度计划。该计划由年度掘进工程衔接计划自动派生而成,即将各月的掘进工程内容和工程量按季度累计后输出的进度计划。年度掘进工程进度计划将作为年度内各季度的掘进工程进度控制和考核的标准。

三、年度支护工程衔接计划

年度支护工程衔接计划是指以月为时间坐标单位编制的支护工程进度衔接计划。该计划对年内各工程总支护工程量,以及各月应完成的工程内容和工程量等作出安排。

四、年度支护工程进度计划

年度支护工程进度计划,是指以季度为时间坐标单位编制的支护工程进度计划。该计划由年度支护工程衔接计划自动派生而成,即将各月的支护工程内容和工程量按季度累计后输出的进度计划。年度支护工程进度计划将作为年度内各季度的支护进度控制和考核的标准。

五、年度建筑工程衔接计划

年度建筑工程衔接计划是指以月为时间坐标单位编制的房屋建筑工程进度衔接计划。该计划对年内各房屋建筑工程总任务量,以及各月应完成的工程内容和工程量等作出安排。

六、年度建筑工程进度计划

年度建筑工程进度计划是指以季度为时间坐标单位编制的房屋建筑工程进度计划。该计划由年度建筑工程衔接计划自动派生而成,即将各月的建筑工程内容和工程量按季度累计后输出的进度计划。年度建筑工程进度计划将作为年度内各季度的建筑工程进度控制和考核的标准。

七、年度其他工程衔接计划

年度其他工程衔接计划是指以月为时间坐标单位编制的容纳所有此类工程建设任务的进度衔接计划。该计划对年内各工程总任务量,以及各月应完成的工程内容和工程

量等作出安排。

八、年度投资衔接计划

年度投资衔接计划是指以月为时间坐标单位编制的投资计划。该计划对年内各项投资总额,以及各月投资额作出计划安排。

九、年度投资计划

年度投资计划是指以季度为时间坐标单位编制的投资计划。该计划由年度投资衔接计划自动派生而成,即将各月的投资额按季度累计后输出的投资计划。年度投资计划将作为年度内各季度的投资控制和考核的标准。

十、年度工程衔接汇总计划

年度工程衔接汇总计划是指建设项目包含的所有工程的衔接计划,由掘进工程衔接计划、支护工程衔接计划、建筑工程衔接计划和其他工程衔接计划按照项目的层次结构自动汇总而成。

十一、年度基本建设汇总计划

年度基本建设汇总计划安排各工程的进度及年度内各季度的工程量和投资额等,由投资计划、掘进工程进度计划、支护工程进度计划、建筑工程和其他工程衔接计划自动派生而成。

十二、施工进度及投资统计分析报告

施工进度及投资统计分析报告是根据每月统计的各项工程实际进度和投资额制作的统计报表。

十三、月施工及投资计划

月施工及投资计划是在每月的月底,根据年度计划和当月工程及投资实际进展的统计情况而制定的下个月各项工作内容和投资的计划安排。

十四、其他计划

除了上述各项计划外,通过 MCPMS 系统,还可以制定设备定货计划、三大材(钢材、水泥、木材)消耗计划和火工材料消耗计划。

十五、系统控制机制

MCPMS 系统本身是一个独立的计划管理系统，但在设计开发该系统时，主导思想是将该系统与以网络计划技术为基础的项目管理软件配套使用，形成完整的计划管理体系，构成矿山建设项目综合控制管理机制：

1. 利用项目管理软件制定网络计划，控制项目的建设进程和顺序。

2. 各类年度计划的制定以网络计划排定的任务为依据。在考虑任务的专业特点、具体施工条件、施工队伍情况和具体的管理制度等各种影响因素的前提下，将网络计划规定的年度内的各项任务按专业类型具体细分，具体落实到各个施工单位，并以矿山习惯的表格形式形成多种类型、服务于不同管理部门和管理目的的计划文件（报表）。

3. 月计划是综合考虑年度计划指标和截止当月年度计划实际完成情况等因素制定出来的，因此，月计划既是年度计划的进一步细分和具体落实，同时也起到控制建设进程、保证年度建设目标实现的调节作用。

4. 进度和投资统计及时反映工程实际进展情况和计划执行情况，为制定月计划及修正季度和年计划提供参考依据。

第二节　计划编制新方法

一、项目树可视化计划编制新方法

（一）项目分解任务结构树

各种建设计划的制定，都是围绕着矿山建设项目的工程及投资内容进行的。根据矿山建设项目可以分解为树型结构的特点，在研究和开发 MCPMS 系统时，提出了项目树可视化计划编制新方法，并以此方法为基础，构造了项目树可视化计划编制环境。

如前所述，矿山建设项目任务可以分解为层次结构。这种层次结构可用图 12－3－1 所示的形式来表示。根据数据结构理论，图 12－3－1 所示的结构为树结构。

我们将图 12－3－1 称为项目分解任务结构树或简称为项目树。项目树在清晰地表示了项目的各项具体任务的同时，还清楚地表明了项目的结构层次关系。

（二）项目树可视化计划编制方法

项目树可视化计划编制方法是以项目树的可视化操作和数据树结构模型的建立为

核心实现的计划编制方法。图 12－3－2 为应用该方法设计的矿山建设项目月计划可视化编制环境，下面以图 12－3－2 为例说明该方法的基本思想。

×矿建项目
　1　主要生产项目
　　1.1 井下工程
　　　1.1.1 主井工程
　　　　1.1.1.1 掘进工程
　　　　1.1.1.2 支护工程
　　　　1.1.1.3 设备安装
　　　　……
　　　1.1.2 副井工程
　　　1.1.3 西风井
　　1.2 地面工程
　　……
　2　辅助生产工程
　3　公用设施
　……

图 12－3－1　项目分解任务结构树

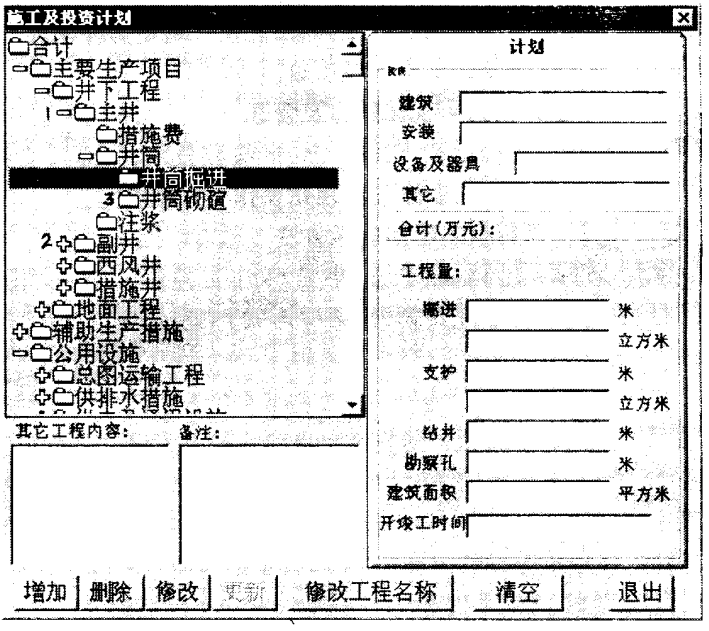


图 12－3－2　可视化项目树计划编制方法

1—“－”表示项目已展开；2—“＋”表示汇总项目；

3—无标号表示不含子项目

概括起来，项目树可视化计划编制方法的主要思想可归纳为以下几点：

1. 建立树型结构计划模型数据库，记录项目的树型任务分解结构及任务的属性参数（任务的属性参数包括与该任务有关的各种类型的计划参数或统计数据）；

2. 以图形可视化项目树表示项目的计划任务对象（即模型数据库存储的任务分解结构）；

3. 以可视化方法管理及操作项目树（计划模型），控制项目树的生成、繁衍（增加子项目）、任务删除、展开（展开汇总项目的子项目）、汇总（将子项目隐藏起来）以及访问等过程；

4. 将项目树的可视化操作过程与项目任务的属性窗口联系起来，构成可视化计划编制界面；

5. 编制计划时，通过可视化界面查看项目树已有的有关属性参数、与之相关的各类计划（各类工程及投资的年度、季度或月计划）参数或指标以及验收统计数据，在考虑各类计划的制约关系、局部任务与项目整体的关系以及其他影响因素的情况下，确定并输入有关基本工程（主要是树叶工程）的施工及投资等计划参数；

6. 计划参数输入后，按项目树的结构层次，自树叶、子树至树根，逐层分类累计各类计划参数，同时修改树型结构计划模型数据库；

7. 伴随对项目树中项目工程的访问，在项目树属性窗口内显示该工程（树叶工程或汇总工程）的计划参数或汇总结果；

8. 报表环境由树型结构计划模型数据库提取信息，编辑并输出计划报表。

由于项目树表示了矿山建设项目任务的层次结构，其基本组成单元为易于管理的较小的工作任务和项目，因此有助于计划编制者更好地理解和控制项目的细节，更准确、更科学合理地确定各任务及项目的时间、成本和任务量等参数。“项目树可视化计划编制方法”，能使计划编制者方便、直观、清楚地了解矿山建设项目的结构层次以及与其相对应的工程施工及投资信息，在考虑不同种类计划之间的相互影响及制约关系，以及了解先期计划与实际进展之间的偏差的情况下编制计划，因而能使计划更为科学和合理。该方法适用于大型复杂矿山建设项目。

（三）多项目树的可视化操作及管理

应用数据结构理论和 Visural Basic 编程技术，实现项目树的生成、展开、收缩、繁衍、删除等可视化操作与管理功能。

1. 项目树的图形表示方法

利用 Microsoft Visual Basic 中的 Outline 控件，以图形（图标）及项目名（内容）的缩进方式（树结构形式）来表示项目间的层次、等级关系。

在项目树结构中，上层项目（工作任务）是其下层项目的汇总项目，反过来说，下层项目则是其上层项目的组成项目。位于最下层的项目即不再分解的项目可称为树叶工程，这是项目最基本的组成单元（基本工序、基本投资对象等），与其相关的投资、成本、时间、资源、任务量等参数的确定，相对来说最为简单和容易。

2. 收缩和展开

项目树可以收缩和展开。所谓收缩，就是将某一项目的子项目隐藏起来；而展开则是将隐藏的子项目显示出来。

收缩和展开以图形可视化方式逐层进行。图 12－3－2 中，1 所指的减号“－”，表示主井项目已展开，该项目包含有措施费、井筒和注浆 3 个子项目，如果用鼠标单击主井项目前的减号“－”，则 3 个子项目就隐藏起来，项目树自行收缩。图 12－3－2 中 2 所指的加号“＋”表示该项目是 1 个汇总项目，该项目还含有子项目（工程），且尚未展开。如果想展开该项目所包含的下 1 层子项目，只需用鼠标单击位于该项目左边的加号“＋”即可，余此类推。

图 12－3－2 中 3 所指小图标前无符号（加号或减号），表示该项目已是简单项目（树叶工程），即不再含有子项目。

通过对子项目的展开或收缩，项目树能够根据需要以不同的分解级别（详细程度）表示项目的工作任务。

3. 子项目的增加和删减

项目结构树的繁衍主要是通过子项目的增加和删减实现的。即最初只有树根节点，此后通过为项目（或子项目）增加子项目或将多余的子项从树中删除掉，使项目树得以生长和繁衍。

需要为某个项目增加子项时，只需单击该项目的名称或图标，此时亮条加亮该项目，然后点击“增加”按钮，即可通过弹出的对话框输入子项目的名称，确认后即自动成为该项目的子项，在图形中显示出来。

只有简单项目（树叶工程）才允许从树中删除掉。删除项目时，单击该项目的名称或图标使亮条加亮该项目，然后点击“删除”按钮，即可将该项目从树中删除。如果 1 个项目的所有子项目都被删除，那么该项目即成为 1 个简单树叶工程。

由此可见，项目树的生长繁衍方式是非常灵活的，能够适应各种复杂情况。项目树的子项的增加和删减，实际是计划任务的变化。

4. 项目名修改

可以方便地修改屏幕可视的项目结构树中任意一级项目的名称。需要修改某个项目的名称时，只需单击该项目的名称或图标，此时亮条加亮该项目，然后单击“修改工程

名称'按钮,即可通过弹出的对话框修改项目的名称。

可视化项目结构树以图形方式形象地表示了项目的结构层次关系和树形数据结构,通过可视化操作,可以方便灵活地增减项目内容和修改层次结构,为计划编制和统计分析提供了良好的可视化操作环境。

(四)属性数据按结构层次自动汇总累计

在项目树中,根据需要为各项目工程定义了各种属性,如投资、成本、时间、任务量等。对于数值型属性参数,将按照项目树的层次结构,由子项目自动汇总到父项目,并伴随对各项目的访问在输入输出窗口显示出来。如图 12-2-3 所示,节点 E 和 F 的某个属性值将自动汇总到节点 B,而节点 B,C,D 的属性值,将自动汇总到树根 A。

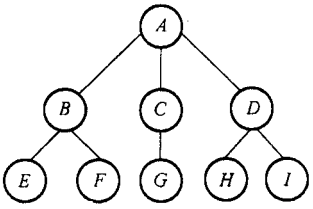


图 12-3-3　根据树的层次结构汇总数据

按照一定的层次和组织结构统计和汇总各种数据,是人们在做各种计划或统计时通常要进行的一项工作内容,因此项目树的数据自动汇总功能具有广泛的适用性。

(五)Outline 控件与项目树

Microsoft Visual Basic 的 Outline 控件是一个特殊的列表框。灵活、巧妙地应用 Outline 控件的属性、事件及方法,可以通过该控件定义项目结构树,并实现可视化操作与管理功能。

1. 定义项目树

主要通过 Outline 控件的以下属性(Properties),定义项目树。

①Indent:设置或返回 Outline 控件指定缩引号所在项的缩进级别,即相当于定义树的节点的层次;

②List Index:设置或返回 Outline 控件当前选中项的顺序编号;

③List Count:返回 Outline 控件中所有项的总数(树的深度);

④Picture Minus:设置或返回 Outline 控件中含有子节点的节点被收缩时所显示的图像;

⑤Picture Plus:设置或返回 Outline 控件中含有子节点的节点被展开时所显示的图像。

其中，Indent 属性尤为关键。加进 Outline 控件的项目内容，将按照他们的加入顺序依此显示，而他们的缩进级别（即树的节点的层次）是通过 Indent 属性来定义的。

根据树数据结构理论确定项目的 Indent 属性。由树数据结构理论可知，加进 Outline 控件内前后相邻的 2 个显示项之间，后 1 个显示项的 Indent 属性值或者小于或等于前 1 个显示项的 Indent 属性值，或者比前 1 个显示项的 Indent 属性值大且差值只能为 1。

2. 项目树的控制和处理

主要通过 Outline 控件的以下事件（Events）及方法（Methods），控制和处理项目树。

①AddItem 在程序运行期间添加 1 个子节点到 Outline 控件所构造的树中；

②Removeltem 在程序运行期间从 Outline 控件所构造的树中删除 1 个子节点；

③Clear 清空 Outline 控件所构造的树中的所有节点；

④Refresh 重新显示 Outline 控件所构造的树；

⑤Kxpand 当 Outline 控件中的某个含有子项的项被展开时激发该事件；

⑥Collapse 当 Outline 控件中的某个含有子项的项被收缩时激发该事件；

⑦PictureClick 当 Outline 控件中的某项目的图标被单击时该事件被激发；

⑧PictureDdlClick 当 Outline 控件中的某项目的图标被双击时该事件被激发。

3. 动态数据管理

项目树的构造及生长是一个动态过程，因此，对项目树的数据结构（数据库）的管理也是一个动态过程。如前所述，项目树的繁衍是通过“增加子树”、“删除子树”、“修改项目名”等可视化操作过程实现的，而 Outline 控件根据其项目的加入顺序和缩进级别来显示项目树的图形结构。根据数据结构理论和 Outline 控件的特性，设计与上述各项操作相对应的项目树的生长算法，实现项目树数据模型（结构）的动态建立和管理。

（六）项目树的生长算法

1. 子树及叶子的增加

以于已有叶子的子树，增加项目意味着增加叶子；对于叶子而言，增加项目意味着将该叶子变为子树，使新增加的项成为它的叶子。

为项目树的当前项增加子树或叶子的算法如下：

①响应鼠标单击事件，获得 Outline 控件当前选中的欲添加子项的项（1tem）的列表索引值（ListIndex），并将其定义为 CurrentIndex 变量。列表索引值（ListIndex）反映了该项在显示时的顺序；

②将欲添加的子项的列表索引值赋为 CurrentIndex + 1；

③对项目树进行遍历搜索，对于所有列表索引值（ListIndex）大于 CurrentIndex 的项，其列表索引值（ListIndex）均加 1；

④根据树结构理论，修改树结构模型；

⑤重新显示项目树。

2. 叶子的删除

删除项目树的当前项的算法如下：

①响应鼠标单击事件，获得 Outline 控件当前选中的欲删除的项（Item）的列表索引值（ListIndex），并将其定义为 CurrentIndex 变量；

②激发 RemoveItem 事件删除该项；

③对项目树进行遍历搜索，对于所有列表索引值（ListIndex）大于 CurrentIndex 的项，其列表索引值（ListIndex）均减 1；

④根据数据结构理论，修改树结构模型；

⑤重新显示项目树。

3. 叶子的修改

叶子的修改包括修改叶子名及其相关属性。修改项目树的当前项的算法如下：

①响应鼠标单击事件，获得 Outline 控件当前选中的欲修改的项（Item）的列表索引值（ListIndex），并将其定义为 CurrentIndex 变量；

②对项目树进行遍历搜索，找到列表索引值（ListIndex）等于 CurrentIndex 的项（Item），修改其属性；

③根据树结构理论，修改树结构模型；

④重新显示项目树。

二、年度计划编制可视化

1. 基本原理

编制年度计划，实际上要做的工作是编制年度掘进工程衔接计划、支护工程衔接计划、建筑工程衔接计划、其他工程衔接计划、投资衔接计划，而其他年度计划可根据上述各种计划自动产生。

计划编制的基本过程为 根据网络计划确定的工程进度和施工顺序，确定年度各项工作内容、工程量及相应的投资额 以项目树可视化交互方式，根据年工作量安排各月的工作内容、工程量及投资额等内容。

选择‘年计划’菜单中的‘计划年份”，输入计划年份后，MCPMS 将自动建立该年度计划数据库。

编制年度计划时，选择‘年计划’菜单中的‘制定年计划”，出现图 12－2－4 所示的年度计划编制主界面。下面通过该界面进一步说明计划的可视化编制过程。

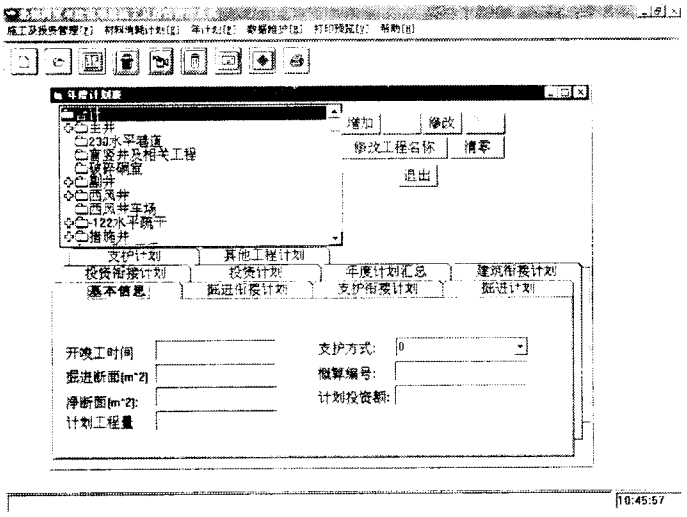


图 12－3－4　编制年计划

界面的上半部分，用于建立和显示项目结构树。右边的‘增加’、‘删除’和‘修改工程名称’按钮分别用于往项目结构树中增加项目工程(任务)、从结构树中删除项目工程和修改结构树中的项目工程名。

界面的下半部分是计划参数和工程属性的显示和输入窗口，不同类型的计划有不同的输入显示窗口，可通过选择图 12－2－4 中的选项卡而交替出现。

编制计划或显示计划内容时，从结构树中选择项目任务(假设该任务已存在，否则应首先将该任务增加到项目树中)，由输入显示窗口输入或显示相应任务的工程量、投资额及其他计划参数。右上的‘修改’和‘更新’按钮用于向数据库中输入或修改计划参数。

为了便于统筹安排，编制各种年度计划都围绕同一个项目结构树进行，所有的计划参数都作为项目(任务)的属性值和项目树结构模型一起存储在计划模型数据库里。计划编制完毕后，可由该计划模型数据库提取数据，生成各种计划报表。

2. 基本信息库

编制年度计划时，首先应以网络计划为基础确定当年的各项主要施工工程内容和工程量及投资额，作为编制计划的参考指标，并将各指标通过图 12－3－4 所示的输入窗口输入到基本信息库中。实际上，各种计划指标，和以后将要输入的计划参数一样，都是项目(任务)的属性，在编制计划过程中，可随时调看项目(任务)的这些指标，以作参照。

3. 编制掘进工程进度衔接计划

从图 12－3－4 中选择‘掘进衔接计划’选项卡，调出掘进衔接计划编制界面如图 12－3－5 所示。此时，可根据计划编制内容操作图 12－3－5 中的项目树，根据需要向项目

树中增加项目(任务)或从项目树中删减项目(任务)。

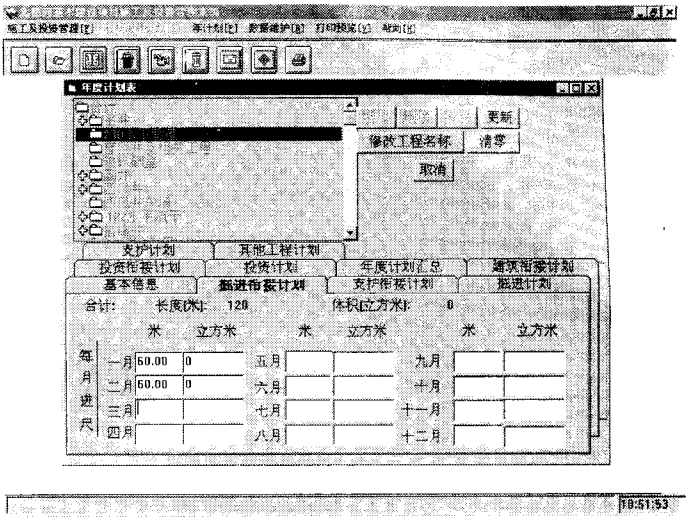


图 12－3－5　编制年度掘进衔接计划

当要为某项任务安排掘进工作量时,应首先从项目树中选择该项任务,参考该项任务的年度任务量,通过计划参数输入框,分配该工程各月的计划任务量。

如前所述,只需给树叶工程安排计划任务量。各月分配的计划任务量将根据项目的结构层次自动累计。

从图 12－3－4 中选择‘掘进计划’选项卡,则能看到由掘进工程衔接计划数据按季度累计的掘进工程进度计划情况。

4. 编制支护衔接计划和建筑工程衔接计划

从图 12－3－4 中分别选择‘支护衔接计划’选项卡和‘建筑衔接计划’选项卡,可调出与图 12－3－5 类似的支护衔接计划编制界面和建筑工程衔接计划编制界面,计划的编制方法与掘进衔接计划类似。

5. 编制其他工程计划

从图 12－3－4 选择‘其他工程衔接计划’选项卡,其他工程衔接计划编制界面如图 12－3－6 所示。

其他工程是指除了掘进、支护、建筑等主要工程之外的所有工程,内容广泛,其任务量不能用单一的数量值来表示。

为了能够适应各种复杂情况,对其他工程的计划参数的属性作了特别规定,即计划参数是一串描述性语言。通过该描述语言说明工程内容和任务量。例如,在图 12－3－6 所示的计划参数输入框中输入的内容,描述的是一项砌水沟工程的任务。

由于是用描述语言来表示工作任务，无法实现各季度任务量的自动统计，因此在图 12－3－6 中还设计了各季度和全年汇总任务量的输入框。

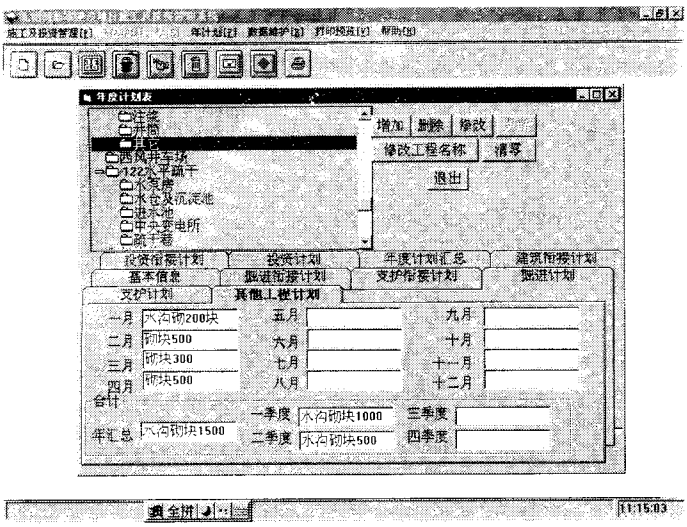


图 12－3－6　编制其他工程计划

同样道理，此类工程的任务计划量也无法自动累计到其父项目处，所以对于汇总项目，应通过输入界面输入根据其子项目汇总的此类任务的内容和任务量。这样处理的好处是，软件系统有很强的适应性，能够考虑任何复杂情况。

6. 编制投资衔接计划

从图 12－3－4 中选择‘投资衔接计划’选项卡，调出投资衔接计划编制界面，如图 12－3－7 所示。编制方法与掘进衔接计划类似。投资类型分为建筑安装、设备仪器及其他 3 种。

投资可以作为任务的成本分配给各项任务。对于那些不直接分配给任务的费用，可在项目树的相应位置增加一个投资项目，然后将费用作为投资参数分配给该投资项目。例如，在图 12－3－7 中，主井工程下面的‘措施费’，就是为了分配该笔费用而增加的投资项目。当然，此类项目的工程量是不存在的。

三、施工及投资统计可视化

选择 MCPMS 的‘施工及投资管理’菜单的‘设定月份’，输入统计年、月后，再选择‘施工及投资统计’，施工及投资统计如图 12－3－8 所示。

统计工作主要是统计各工程本月实际完成的工作量和实际发生的投资额，并按照项目的结构层次累计各项任务自年初到本月的所有统计数据，对年计划和本月计划的执行

情况作出评价。统计数据的录入工作在每月的月底进行一次，图 12－3－8 中设置的项目任务统计数据输入显示框表明了统计的内容。

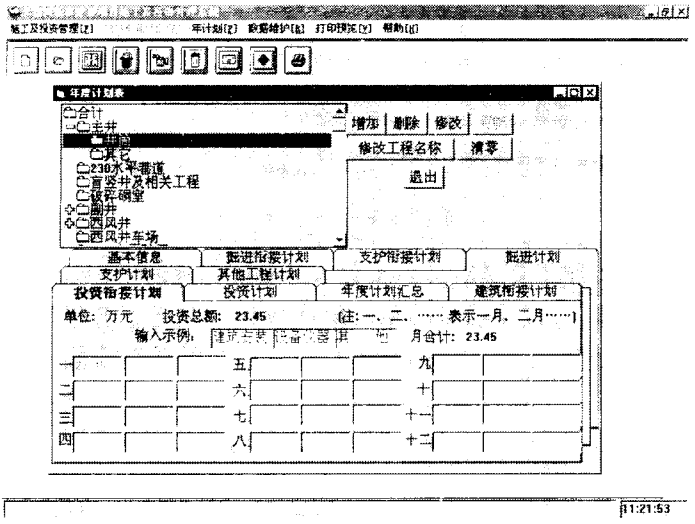


图 12－3－7　编制年度投资衔接计划

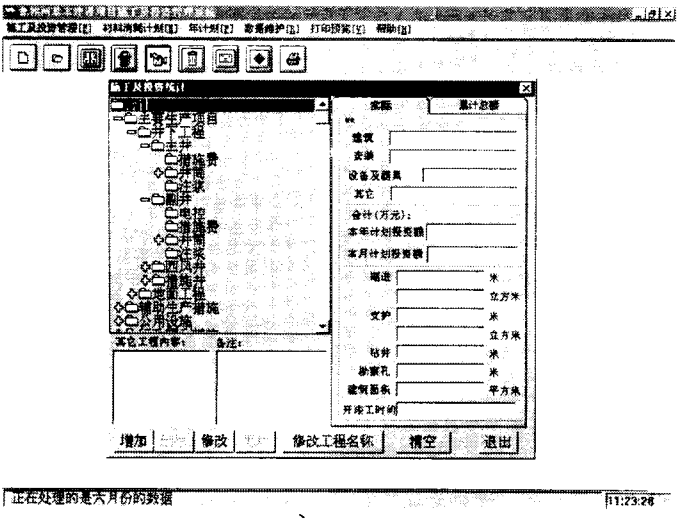


图 12－3－8　投资及工程进度统计

采用的统计方法也可称为项目树可视化统计方法，即由项目树表示统计的任务或投资对象，通过输入窗口将统计数据作为属性值赋给项目任务。项目树与统计属性一起，构成项目统计模型，并存储于数据库中。每月的统计项目和统计值都存储在数据库里，

既可作为历史资料保存,又为统计分析提供了基础。

在图 12 – 3 – 8 所示的界面中,选择‘统计’选项卡,可输入实际统计数据。选择‘累计总额’选项卡,则能够立即显示截止本月本年度项目任务各项统计值的累计总额。

四、月计划编制可视化

选择‘施工及投资管理’菜单的‘设定月份’并输入年、月后,再选择‘施工及投资计划”,月计划编制界面如图 12 – 3 – 2 所示。

实际上月计划编制界面与统计界面的输入内容和方式是完全一样的。界面中的‘本年计划投资额’和‘本月计划投资额’分别指年度计划中该项任务的年度投资计划总额和年度投资衔接计划安排的该项任务本月的投资额。编制月计划时,可通过查看年度计划指标以及进度和投资统计指标,确定本月的施工内容和工程量以及投资额。

第三节　数据库维护与报表打印

一、数据库维护

每年的年度计划模型、每月统计模型和每月计划模型都形成了数据库文件。这些文件存储的是矿山建设期间的重要历史数据,因此应妥善保存。

数据库维护是指将这些文件备份在计算机硬盘指定目录上或备份到软盘等外部存储介质上,或者是根据需要删除某些数据文件。

利用数据库维护功能,还可以将计划模型通过软盘或在网上发送给有关部门和单位。

数据库维护功能包括:1. 备份年计划数据;2. 备份月统计数据;3. 备份月计划数据;4. 恢复年计划数据;5. 恢复复月统计数据;6. 恢复月计划数据;7. 删除月统计数据;8. 删除月计划数据。

由‘数据维护’菜单选择需要的数据维护功能。

二、报表及报表打印环境

从‘打印预览’菜单选择需要打印的报表,由模型数据库提取信息,自动生成计划报表,进入报表打印环境,如图 12 – 3 – 9 所示。在生成各类计划报表时,将根据项目任务

的结构层次关系自动在项目内容前加上表示层次关系的符号(见图 12－2－9 中的计划表)。表示结构层次关系的符号存储数据库里,用户可根据需要添加或修改符号数据库内容。

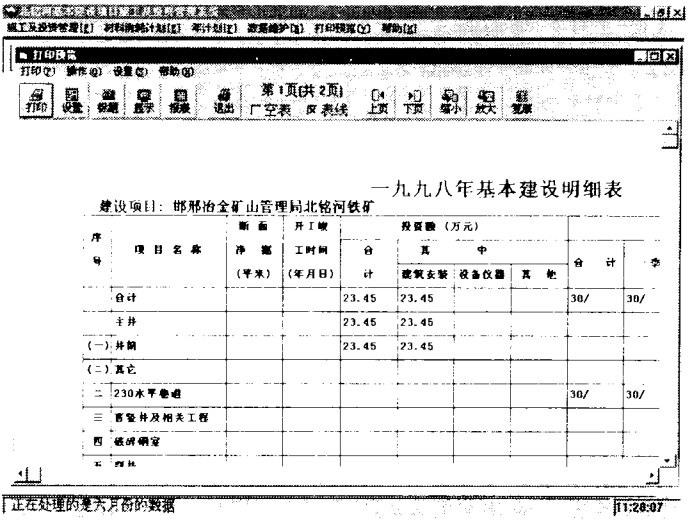


图 12－3－9　报表打印环境

输出的报表包括月施工及投资计划表、月投资统计表、月工程进度统计表、月三大材消耗计划表、月火工材料消耗计划表、设备定货计划表、掘进工程衔接计划表、支护工程衔接计划表、投资衔接计划表、综合工程衔接计划表、掘进工程计划表、支护工程计划表、投资计划表、年度基本建设明细表。

该打印环境具有打印预览、打印机设置、页面设置、报表内容修改、标题更改、报表输出大小缩放等功能,可通过命令菜单或设置在工具栏上的命令按钮来调用这些功能。

单击报表环境的‘设置’命令按钮,调出打印设置对话框。此时可根据打印要求设置打印机、打印范围、打印品质、打印页面等。

单击报表环境的‘标题’命令按钮,调出标题修改对话框。此时可根据需要修改报表的标题、头注和脚注。单击修改框旁边的带有省略号的按钮,可重新设置标题、头注、脚注、打印的字体、样式、效果及大小等。

单击报表环境的‘显示’命令按钮,可通过对话框对报表的页面、线粗、颜色、字体、内容位置等进行设置。

单击报表环境的‘报表’命令按钮,可通过对话框对报表的每页行数、每行高度、表总宽度、各列的位置等格式进行修改。

如果报表不至 1 页,单击‘上页’或‘下页’命令按钮,可翻页查看报表各页的内容。

第四章　铁矿建设项目计算机辅助管理系统

邯邢冶金矿山管理局所属的北铭河铁矿，是我国在‘九五’期间唯一进行建设的大型冶金地下矿山。矿山设计规模为年产矿石 180 万 t，采用无底柱分段崩落采矿法。

针对该矿山建设项目开发的计算机辅助管理系统，由以下职能系统构成：

1. 计算机辅助采矿工程设计；
2. 建设工程网络计划优化和控制；
3. 进度及投资计划综合管理；
4. 调度管理；
5. 合同图文管理；
6. 设计变更图文管理；
7. 材料管理。

通过以上各职能系统，有效地优化管理和控制项目的建设进程。

第一节　计算机辅助采矿工程设计

矿山设计作为矿山建设非常重要的一个环节，是一切工作的基础。设计方案的优劣将直接影响到建设项目的工期、成本、生产能力和整体经济效益。矿山建设环境和条件复杂多变，要做出最优的设计方案难度很大，不过这也从另一个方面说明了设计方面的潜力大有可挖。

井巷工程设计是矿山设计工作的主要内容，也是对矿山建设项目影响最大的一项设计工作。CAD 软件的开发从矿山建设项目管理的应用实际出发，根据采矿设计规范，通过 ADS(AutoCAD Development System)开发应用功能模块，形成以 AutoCAD 为图形支持基础的采矿工程辅助设计系统。

CAD 软件实现的功能主要包括：

1. 采矿工程平面图辅助设计，即根据采矿设计标准在平面图上布置井巷工程，并绘出合格的工程设计图纸；

2. 井巷工程数据库管理，实现设计图形与数据管理一体化；

3. 方案优选，自动计算设计方案的工程量，作为方案选择的参考依据；

4. 输出合格的工程图纸。

一、采矿工程平面图辅助设计

工程平面图是表示矿山开拓及采准工程设计方案的最主要的工程设计图。在北铭河矿山建设项目优化设计阶段，工程平面图的设计工作主要是根据地质平面图设计及优化阶段水平的井巷工程的布置方案，并将设计图加工成合格的工程图纸。

AutoCAD 本身具有很强的图形绘制及处理功能，是理想的图形支持系统。利用 Visual C/C + + 对 AutoCAD 进行二次开发，根据采矿工程设计的专业特点，构造辅助设计功能模块，对 AutoCAD 进行功能上的修改与补充，构成一个采矿工程辅助设计及绘图系统。

1. 设计方法

采用如下参数化设计方法：(1)根据巷道工程中心线的几何形状，将其归纳为直线形巷道和弧线形巷道两种基本类型；(2)通过参数化设计功能模块绘制巷道的基本图元；(3)由基本图元的拼接，实现井巷工程布置方案的图形设计；(4)用表示巷道工程中心线的图形实体(直线段或弧线段)标识相应的巷道工程，并通过它建立设计图形与设计模型(工程数据库)之间的联系。

图 12 - 4 - 1 为辅助设计的一般过程。

2. ADS 参数化设计功能模块

应用 VisualC + + 开发 ADS 模块。按照其功能性质，ADS 模块可分为三种类型。一类是参数化辅助设计模块，如巷道形成、巷道端点坐标编辑及插入、大块文字编辑及插入、图框及坐标网格形成等；另一类是工程数据库管理模块；再有一类是常用图形处理及管理功能模块，如图形剪切、缩放等。在 AutoCAD 支持下，ADS 模块构成交互式参数化设计系统，并由菜单系统统一调度和管理，实现参数化设计功能。表 12 - 4 - 1 列出了主

要的 ADS 参数化设计功能模块。

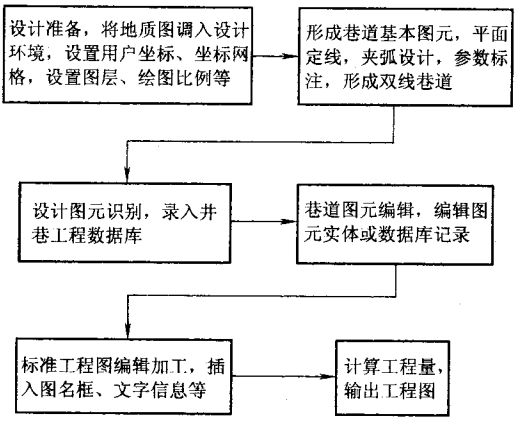


图 12－4－1　辅助设计流程

表 12－4－1　ADS 参数化设计功能模块

ADS 模块名称	功　　能	主要参数
PinMianDW	设计平面几何定位	水平标高
HuiTuBiLi	设置绘图比例	比例系数
DiZhiTu	调入地质平面图	地质图文件名
DaDiTuZhi	大地坐标转换为图纸坐标	点的大地坐标
TuZhiDaDi	图纸坐标转换为大地坐标	点的图纸坐标
TuKuang	绘图框	图框基点及尺寸
ZuBiaoWG	绘坐标网	网格间距及方位角
TuMingK	图名框	图名框各项内容
TuCengGL	图层管理	图层名
ZHXDingXian	巷道中心线定线	两端点坐标或弧线半径
ShuAnXian	形成双线巷道	巷道中心线参数、巷道宽度等
XDBuanJi	巷道重定位	巷道中心线参数
BZDuAnD	标注端点坐标	端点坐标
BZuHuXian	标注弧线参数	弧线巷道中心线参数
WenBen	编辑并在图中插入文本文件	文件名及插入基点和比例
ShuJuKu	新建或打开数据库	数据库文件名
LuRuShuJu	录入或编辑数据库记录	巷道几何参数及有关属性
GongCheng	工程量计算	提供计算数据的数据库文件名
GongJuXiang	图形编辑处理工具箱	AutoCAD 各种命令对应的参数

表 12－4－1 中的 ADS 模块名称，实际上是通过 ADS 定义的外部函数的函数名。在

程序或菜单中可通过外部函数名调用相应的 ADS 设计模块，也可在 AutoCAD 状态下键入外部函数名而直接启动相应的 ADS 设计模块。

ADS 设计模块具有 Windows 风格的对话框界面，同时引进了面向对象编程的事件驱动机制，增加设计系统的灵活性。下面以巷道中心线定位模块为例，说明其参数化设计功能的实现过程。

巷道中心线确定了巷道的几何位置，因此确定巷道中心线的位置也就是确定巷道的空间几何位置。由专门的中心线定位模块来确定巷道中心线的位置（实际上是进行巷道平面布置设计），其界面如图 12－4－2 所示。根据巷道的几何形状，其中心线分为直线形和弧线形两种。对于直线巷道中心线，可通过输入端点坐标、捕捉端点或线段（此时为编辑已存在的巷道中心线）等方式确定其几何位置；而确定弧线的过程是，首先捕捉两直线的交点，程序根据相交直线自动计算夹角，并根据输入的半径计算弧心和起止端点的坐标，绘出弧线。

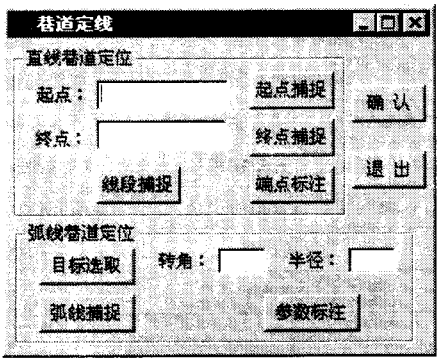


图 12－4－2　巷道中心线设计

巷道中心线生成模块在绘出巷道中心线的同时，自动地将设计图元（直线或弧线）有序地组织起来，并存入专门的图层（FRAME）中。此后由巷道生成模块从 FRAME 层中提取中心线的几何坐标，并根据巷道宽度绘制双线巷道。

二、图形内嵌式井巷工程数据库

通过 ASE/ASI（AutoCAD SQL Extention/AutoCAD SQLPrograming Interface）在图形设计系统内建立内嵌式井巷工程数据库。通过数据库管理系统，将图形设计信息转换为数据信息，供有关的应用程序分析和处理。

1. 数据库的记录结构

数据库的记录结构要有利于工程成本预算和工程量计算。井巷工程数据库以每个

井巷工程基本设计图元的有关信息为 1 个记录单元,记录设计图元的几何数据和与之相关的工程属性参数。数据库记录单元主要包括以下几个方面的信息参数。

(1)工程空间位置参数。对于直线形巷道用巷道底板中心线两端点坐标表示,对于曲线巷道用其弧上的起、止点坐标和弧线半径表示;

(2)工程形体特征参数。工程形体特征参数是指井巷工程截面上的形状参数,主要有截面类型、截面面积、宽度等;

(3)工程属性参数。工程属性参数包括表示井巷工程矿岩特性、用途以及设计施工要求的一些参数等;

(4)图形句柄。图形句柄是 AutoCAD 分配给每个图元的一个 16 进制编码。

2. 井巷工程图形与数据库记录的关联

图形句柄是每个图元在 AutoCAD 图形结构中的惟一标识。根据句柄的这一特点,在井巷工程数据库记录结构中,定义一个句柄字段名,存储代表井巷工程基本设计图元的中心线实体的图形句柄。在 ASE 支持下,通过图形句柄建立设计图形与数据库之间的双向联系,即:

(1)从设计图中拾取 1 个图元实体并获得该图元实体的句柄,在数据库中以此句柄为关键词查找该图元的记录,显示查询结果。如果所选图元实体还未加入数据库,数据库系统将自动进入记录添加状态。

(2)由数据库中取出某条记录,ADS 程序按实体句柄字段,找到相应图元,此时可在设计图形中对其进行醒目显示,也可通过修改数据库记录修改该图元。

3. 由设计图录入设计参数

井巷工程系统由布置在各中段水平上的巷道硐室以及连接在各水平间的竖井和斜井组成。因此,在完成各中段水平的平面设计后,由设计图中依此拾取并录入各井巷工程设计图元的几何位置坐标,同时由设计者补充输入巷道断面及其他有关的属性参数,最终形成整个井巷工程系统的数据库模型。由平面设计图录入井巷工程的具体步骤如下:

(1)在平面设计图中拾取代表井巷工程位置的中心线,在图中这些中心线为直线或弧线;

(2)数据库系统由图元实体数据中取出该中心线的句柄,并据此查询该工程是否已录入数据库。为避免不同图形文件中句柄同名而引发错误结果,系统查询到某记录后,还需对比图元数据与记录中的位置参数,确认是否重合。如果确认找出 1 个新的工程,则把该工程的位置参数自动加入到数据库中,同时等待用户输入断面及其他工程属性参数,一并录入;

(3)重复上述步骤,直至录入完每一个设计工程。

4. 数据库管理系统

在 ASE/ASI 支持下,开发数据库 ADS 管理程序,在图形设计环境内建立功能完善的数据库管理系统,图 12－4－3 为数据库管理系统的主界面。

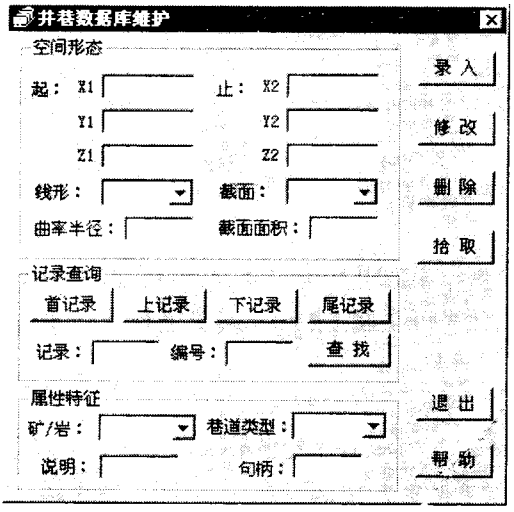


图 12－4－3　嵌入式井巷工程数据库管理

嵌入式数据库管理系统实现的管理功能主要有：

(1)拾取。到图形中拾取井巷工程中心线,此时在输入界面上显示其几何位置坐标,如果此段巷道已录入数据库,将同时显示其他数据；

(2)录入。将拾取的巷道加上其他数据后录入数据库,设计者也可不经拾取而直接通过界面输入工程的几何位置、面积及体积等参数；

(3)数据编辑。可通过数据库界面修改某巷记录数据,如果改动其中的几何数据,则与其对应的工程图形亦自动进行相应的更改。

三、工程量计算

由于设计图形与数据库记录已通过句柄建立了联系,因此,既可由数据库直接提取数据计算出数据库中所有工程的工程量,也可从设计图中选择有关工程(建立选择集)进行计算。建立选择集时,将通过句柄从数据库中找出被选中图元的数据记录。

四、实际应用

应用计算机辅助设计系统,对北铭河矿－100m 阶段运输水平进行了优化设计。最

终得到的设计方案比矿山原设计方案减少沿脉和穿脉 718m，12428m^3。优化方案得到设计院和建设管理单位的认可和批准。

矿山建设项目管理，要高度重视优化设计工作，实践表明，设计工作对矿山建设项目成本的影响是最大的。

第二节　建设工程网络计划优化和控制

在我国矿山建设和生产管理实践中，曾有不少单位和研究人员应用网络计划技术，开发计算机软件，编制进度计划。但由于网络图形处理的复杂性，在短时期内靠有限的投入是难以开发出高质量的网络图形处理软件的，这也是造成网络计划技术在我国矿山建设项目管理中未能有效普遍应用的主要原因。实践证明，功能完善、性能优越和使用方便的计算机软件是成功应用网络计划技术的重要保证。

一、建设工程网络进度计划优化

经过比较论证，采用项目管理软件来制定和优化建设工程网络进度计划，动态控制和调整工程进度，对工程项目实施优化管理。

根据工作任务的性质及井巷工程施工组织的特点，将北铭河矿山建设项目任务分解为 150 余道工序。根据目前国内井巷工程施工技术水平确定各工序的持续时间和所需资源等参数。

综合考虑工期、投资均衡、施工组织、井巷工程在时间上和空间上的相互制约关系、生产系统局部出矿能力的尽早形成与项目整体建设的关系等因素，应用项目管理软件提供的计划优化调整功能，安排工程施工顺序，修定工序的逻辑关系，优化工程进度网络计划。图 12－4－4 为通过网络模型输出的北铭河矿建设工程网络进度计划甘特图（局部），图 12－4－5 为工程进度的关键路线（局部）。

二、网络计划动态控制管理

图形化网络模型直观地表示了整体工程各项工序的进行顺序和空间上的相互关系。在项目的建设过程中，根据工程的实际进展情况，通过计算网络模型的时间参数，找出新的关键工序和关键路线，进而改进工程进度计划。

到目前为止，应用项目管理软件，已对北铭河矿建设项目的工程进度计划进行了两

次优化调整，并取得显著的优化效果。

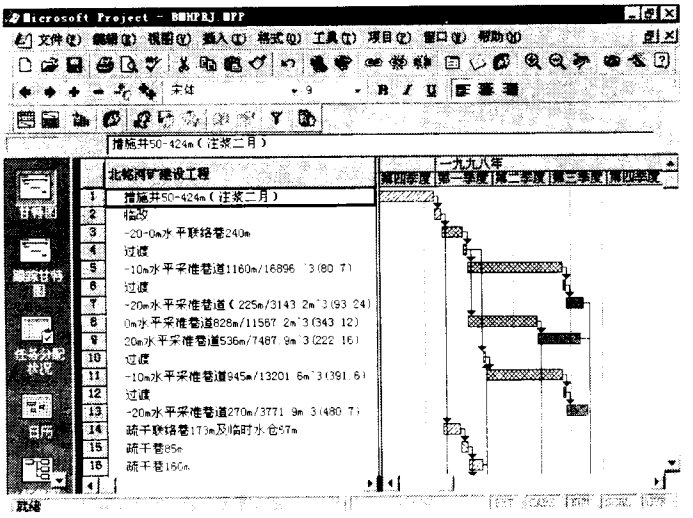


图 12－4－4　北铭河矿建设工程进度计划甘特图(局部)

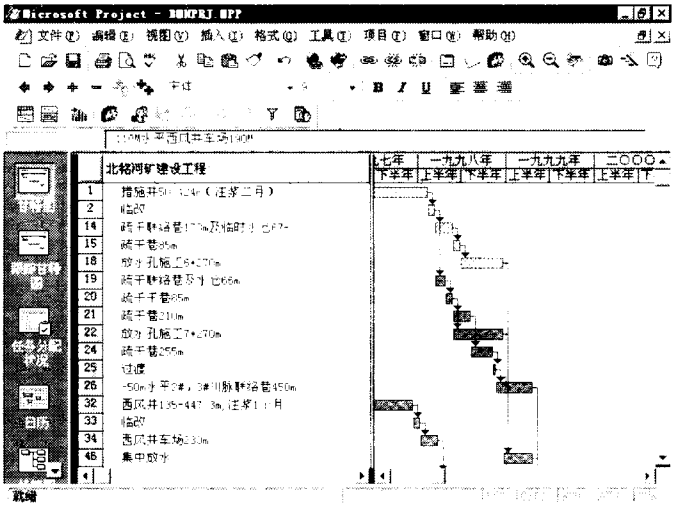


图 12－4－5　北铭河矿建设工程关键路线(局部)

1. 由于工程地质条件的变化，造成副井工程工期的严重滞后。1997 年 11 月，通过项目管理软件对网络模型进行分析时发现，原用于 －50m 水平提前采矿的有关工程已不再必须。进一步分析后，提出改由 －10m 水平的有关工程替代，因而减少 －50m 水平的车场石门及通风巷等工程共计 610m，753m^3 ；

2. 通过强化原关键工序疏干排水工程的施工进度，提前了矿床疏干时间，使得布置

在含水层中的运输工程得以提前开工，从而使主井工程成为新的关键工序，计算发现其工期影响总工期滞后 3 个月。根据这一变化，邯邢冶金矿山管理局与设计院合作，经过充分的技术论证后，决定采用钢结构主井井架，缩短主井系统施工工期 3.5 个月。

计算机化网络计划技术在北铭河矿山建设项目的管理决策中发挥了重要作用。在矿山建设项目管理中应用项目管理软件，能够充分利用网络计划技术的优点，提高项目管理水平。

第三节　进度及投资计划综合管理

网络工程进度计划从整体上优化了建设项目各项工程的施工顺序和进程。为了保证建设工程网络计划（即矿山建设整体规划）的顺利实施和便于工程施工的组织管理，采用 MCPMS 系统，以计划滚动方式，编制工程进度和投资的年度、季度和月计划。

图 12－4－6 为该建设项目管理机构示意图，其中施工队为经过招标选择的施工单位，是独立的法人单位。一般说来，年度计划、季度计划以网络计划为参考依据，由局基建处和矿有关部门共同制定，报局领导批准。而制定月计划时，要求各施工单位首先自报本单位的月施工计划，然后由局基建处和矿计划部门，综合考虑各施工单位所报计划、实际施工及投资统计指标以及年计划和季度计划的要求指标等因素进行编制。制定好的月计划经局领导批准后再下发各管理部门及施工单位。

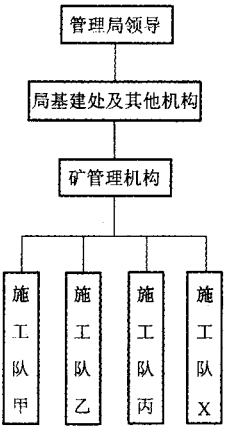


图 12－4－6　项目管理机构

以项目树可视化方法编制计划，方法灵活方便，考虑因素全面，便于优选计划方案。通过 MCPMS 系统以滚动方式编制的全套管理计划，能够实现对矿山建设项目的科学动态地控制和管理。

第四节　调度管理

调度管理是建设项目的日常管理工作，其任务是跟踪每天各主要工程（或主要施工队）的工作进展情况，处理临时突发事件，控制项目建设进程。做好日常的调度管理工作，是搞好建设项目管理的基本要求。

调度管理软件的功能主要包括建立调度信息库、记录调度信息、工程量管理和统计、制作调度日报和调度周报等功能。

一、调度信息库

调度信息数据库，用于记录每天各主要工程（或主要施工队）的工程内容、工程量和工作进展情况，记载重要事件。通过信息数据库，可按月或周等时间单位统计各工程的累计完成工程量，并制作调度报表（日报或周报），发送矿、局各有关管理职能部门。

二、记录调度信息

调度信息录入时，每次录入一个施工单位负责的一项工程的当天完成情况。掘进和支护工程有专门的输入框，其他工程则通过备注框输入工程内容和工程量。

三、编辑记录

对数据库中的记录进行编辑时，首先通过输入日期来指定编辑范围。输入日期后，出现编辑界面，这时可通过上移或下移按钮，选择该天的有关工程记录进行编辑。

四、制作调度日报和周报

由调度信息数据库提取信息，可以生成任意一天的调度日报。调度日报的内容包括当天各项工程的完成情况，当月截止该天各项工程累计完成工作量和截止该天各工程总的完成工作量等指标，反映了建设工程的实际进展情况。调度周报的内容包括本周各项工程的完成情况以及各项工程完成情况的累计指标等。

第五节　合同图文管理

在整个矿山建设项目进行过程中，需要签定和管理大量的合同。合同管理软件实现合同分类查询、统计和合同原件存储管理等功能。

一、合同原件图片库

通过扫描仪将合同书制作成图片文件。建立图片库，存储合同书的原件内容。

为解决合同文书图片数据量太大难以存储保管的问题，将扫描的合同图片文件以“JPG”压缩格式存储。在合同管理程序内，内嵌图片阅读程序，实现阅读或打印“JPC”压缩图片的功能。

二、合同摘要信息库

建立合同摘要信息库，存储合同的摘要信息。摘要信息包括以下内容：(1)编号；(2)合同名称；(3)合同类型；(4)甲方单位及法人代表；(5)乙方单位及法人代表；(6)合同签定日期；(7)开始日期；(8)完成日期；(9)执行情况；(10)注意事项。此外，还设计一个记录字段，指向存储合同书图片文件名的数据表。

三、合同图文管理

图 12－4－7 为合同信息录入、编辑及查询主界面。通过图 12－4－7 所示界面，可直接录入合同摘要信息。如果单击图中的“合同书录入按钮”，则进入合同书录入及查阅界面，此时可录入合同书图片文件名(一般情况下，一份合同书会有若干幅图片)，或阅读和打印合同图片(即合同书)。

单击图 12－4－7 中的“查询”按钮，可对合同信息进行分类查询。设计了以下查询条件：(1)合同编号；(2)合同类型；(3)乙方单位；(4)签定日期(<、=、>)；(5)开始日期(<、=、>)；(6)完成日期(<、=、>)；(7)执行情况(完成、执行中、未执行)。

可分别使用上述查询条件或使用上述查询条件的组合对合同进行查询统计，并打印输出有关统计报表。

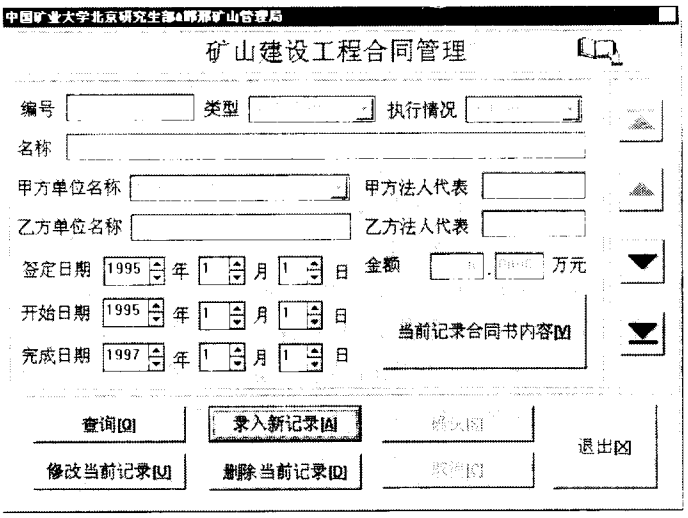


图 12－4－7　合同管理

第六节　设计变更图文管理

设计变更是矿山建设过程中经常发生的事情，每次设计变更的内容都要记录在一张设计变更通知单里。

设计变更软件主要功能包括变更内容分类查询和统计、变更通知单存档、统计表输出等。

设计变更的管理方法及软件实现方法与合同管理基本相同，即建立图片库，存储设计变更通知单原件图片 建立摘要信息库，存储变更通知单摘要信息。其记录输入及编辑界面与图 12－4－7 类似，记录内容包括设计变更通知单编号、工程名称、原设计图纸编号、专业变更人、室审、变更日期以及通知单图片文件名等。

可以通过设计变更通知单编号、工程名称、原设计图纸编号、变更日期等查询条件，查询有关变更内容，打印统计报表和相应的设计变更通知单。

第七节　材料管理

材料管理是矿山建设项目日常管理的一项主要工作。工程造价中的很大一部分是材料和设备的成本。加强材料管理，不仅有利于建设施工的顺利进行，同时也是降低工

程造价的一条有效途径。

材料管理软件实现的管理功能主要有：(1)材料预算价格库管理；(2)材料入库；(3)材料出库；(4)材料库存管理；(5)财务结算及报表输出。

一、数据库设计

建立四个数据库，即材料价格库、材料购入记录库、材料发出记录库和库存材料库。

材料价格库存储了 25 类共 2 万多种常用材料的内部编号、名称、规格型号、内部预算价格等信息。材料入库和出库，将根据价格库的价格标准计算成本，并参照材料实际采购成本进行财务结算。材料价格库还能起到‘材料字典’的作用，在填写材料输入、输出记录时，可从材料价格库中直接提取相应材料的名称、规格、型号等信息。

材料购入数据库，保存材料的每一笔入库记录。材料发出数据库，保存材料的每一笔发出记录。库存材料数据库，由材料购入记录库和材料发出记录库派生而成，记录库存材料的规格、品种和数量。

二、材料价格库管理

价格库的内容是动态变化的，图 12－4－8 为价格库管理维护界面。由于价格库存储的材料种类很多，所以设计了分类显示功能。从材料类别框中选择要显示或修改的材料类别，可从屏幕直接对记录进行修改，也可双击要修改的记录，调出记录修改对话框进行修改。通过‘增加’按钮，可向库中增加新的记录。

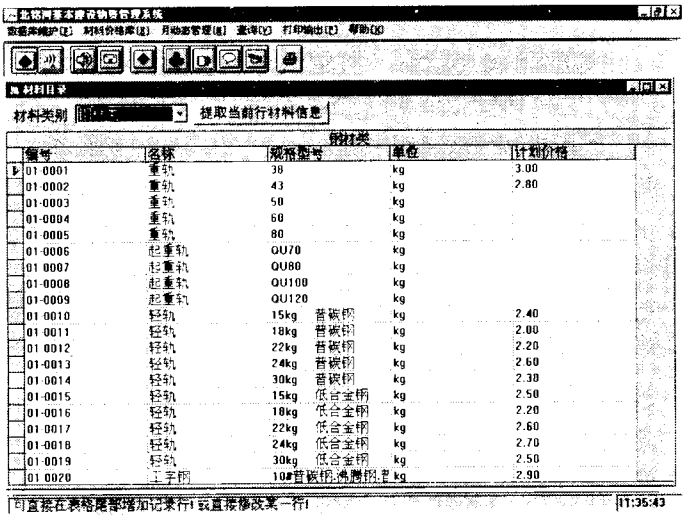


图 12－4－8　材料价格库管理

三、材料入库

采购新材料，要入库记账，并打印入库单以作凭据。

材料入库时，可从材料价格库中选择该种类型的材料，提取该种材料的标号名称等基本信息，这些信息将自动进入材料入库记录输入框，如图 12－4－9 所示。在该输入框中补充输入其他有关信息，确认后即将材料登记入库，打印材料入库单。

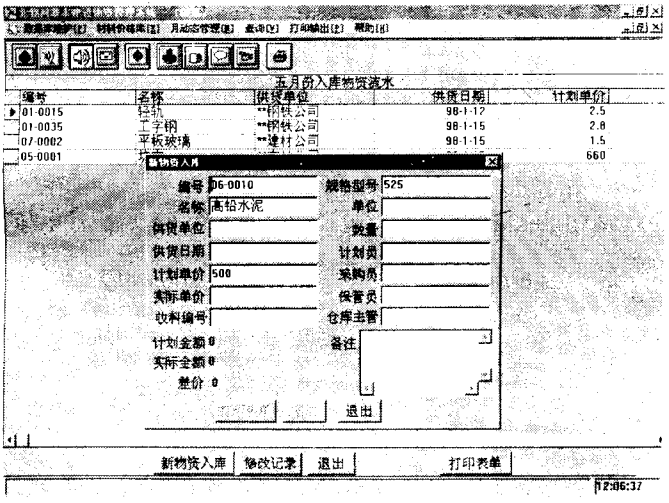


图 12－4－9　材料入库

四、材料出库

进行材料出库操作时，屏幕显示材料库存记录。从屏幕选择出库材料品种，然后单击‘材料出库’按钮，自动提取所选出库材料的名称、编号、规格型号等信息并调出材料出库对话框，如图 12－4－10 所示。由该对话框补充输入材料发出数量、日期、领用单位等有关参数。

材料发出分内拨和外拨两种情况。所谓内拨，是指管理局内部单位领用，而外拨是指将材料拨付管理局外单位使用。

每发出一笔材料，将自动在材料发出数据库里增加该条材料发出记录，同时自动修改库存材料库中的相应记录数据，并打印出库单一式四联。

五、统计及查询

可以查询以下内容：(1)材料入库详细记录；(2)材料出库详细记录；(3)材料库存；

(4)各单位材料消耗情况;(5)三材(钢材、木材、水泥)消耗情况。

查询方式有材料分类查询、按日期查询、按月份查询等。

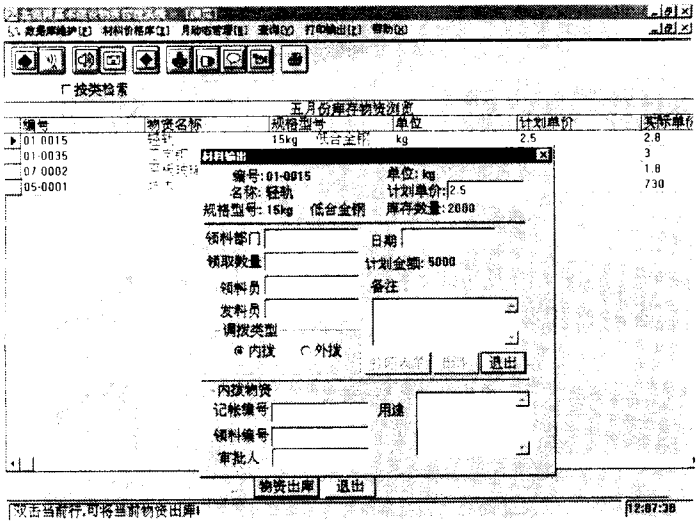


图 12－4－10　材料出库

六、财务结算及报表输出

统计各领料单位月材料消耗数量,根据价格库提供的材料价格和实际采购成本计算材料消耗成本,进行财务结算,输出材料物资使用情况报表和财务结算报表。

第五章　矿山微机自动监测与控制

近几年来,微型电子计算机的迅速普及和推广,给矿山自动化和检测技术的发展提供了崭新的手段,许多过去难以解决的问题迎刃而解。微型计算机在单机控制、过程控制、智能仪表及全矿性的生产调度和企业管理系统中获得广泛应用,可以认定是必然的发展趋势。但在一段时间内,微机系统、智能调节器、可编程序控制器和继电器接触器控制系统共存的局面将依然存在。但随着技术的进步,在不久的未来,机电一体化的智能机械、全自动化的作业线和工作面将可能出现。

本章将介绍目前技术上较为成熟并在生产中获得实际应用的一些计算机自动控制装置、系统。

第一节　带式输送机的自动化

带式输送机由于运输能力大,爬坡能力强,与汽车和铁路运输相比,可以提高升程,缩短运距,降低成本,节约能源,提高劳动生产率,还便于实现自动化,改善环境卫生和安全条件。因此,近十几年发展很快。目前露天金属矿在使用带式输送机时,大都采用汽车 – 破碎机 – 带式输送机系统,以充分发挥汽车运输的灵活性和带式运输的优越性。据不完全统计,目前世界各国至少有 30 座大型露天金属矿使用汽车 – 带式输送系统。

一、带式输送机的计算机监控

带式输送机系统的计算机监控首先由英国煤矿局开发研究。70 年代中期,英国煤矿

局把 MINOS 煤矿监控系统用于带式输送机的监控。该系统由中央计算机、信息传输系统、分站和传感器组成，其主要监控功能有：(1)对带式输送机、矿仓和给矿机的各种运行参数进行在线连续监视，并自动打印出每班运行报告，包括运行性能、生产延误和传感器的报警记录；(2)各带式输送机按顺序自动起动，在溜槽阻塞或溢矿时，按逆序自动停止，并发出报警信号；(3)计算机在采集数据的基础上，通过计算来调节矿仓的给矿量，以达到矿流状态最佳；(4)显示带式输送机运输网络模拟图和每台带式输送机及矿仓的当前状态；(5)对胶带速度、打滑、跑偏、撕裂、机头阻塞和轴承温度等设立越限报警或跳闸保护。此外，还可以通过键盘对设备进行遥控，控制其启动或停止、装载或卸载等。使用 MINOS 系统后，可减少设备事故，提高运输效率，增加出矿能力。目前 MINOS 系统已广泛用于英国煤矿的运输、工作面机械、水泵和矿仓等生产环节的监控和环境安全参数的监测。美国、联邦德国和瑞典等国都发展了自己的矿山监控和数据采集系统，并在带式输送系统中得到使用。

我国 KJD－J1 型带式输送机计算机监控系统在山西阳泉煤矿三矿使用。该系统由中央计算机、信息传输装置和传感器、执行器等部分组成，具有实时数据采集、分析判断和控制功能。计算机通过时分制多路信息传输通道对带式输送机及有关设备进行遥信、遥测、遥控和遥调。KJD－J1 型带式输送机计算机监控系统的硬件框图见图 12－5－1。

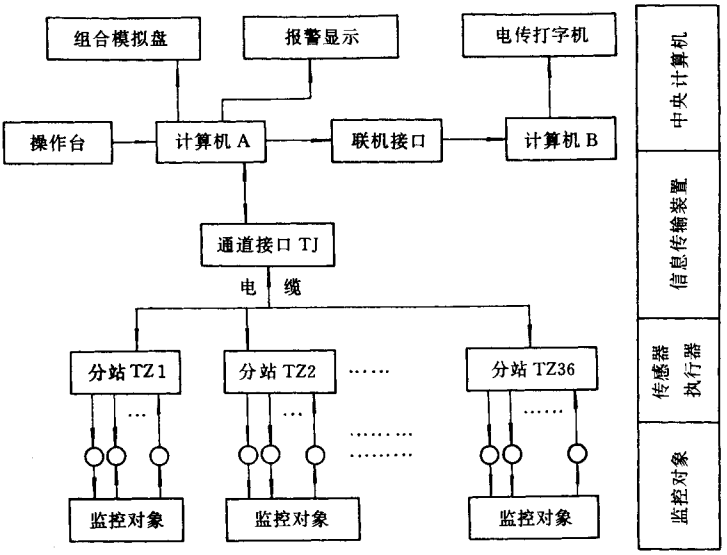


图 12－5－1　KJD－J1 型带式输送机监控系统的硬件框图

1. 中央计算机

中央计算机由两台 JS－10A 型小型计算机组成。其中 *A* 机为主，*B* 机为辅，通过联

机接口实现双机运行。操作台作为人机对话设备，用按键、开关和按钮向计算机发出工作命令，进行遥控、遥调、召唤显示和召唤打印等操作。遥信、遥测信号则在组合模拟盘和报警显示器上显示。

2. YTK 型矿用信息传输装置

YTK 型矿用信息传输装置由通道接口 TJ、电缆和若干分站 TZ 组成，采用时分制脉冲编码基带传输。

传输方式：1∶N 单向分支式；

传输容量：一台 TJ 接口可带 36 台分站，每台分站有 19 路遥信、5 路遥测、3 路遥控和 1 路遥调；

传输速度：200 波特；

传输距离：10km；

同步方式：群同步和步同步；

电缆：4 芯控制电缆，其中 2 芯用于自检。

3. 软件系统

软件系统的结构框图见图 12－5－2。程序分为 A 机和 B 机两部分。A 机程序由主控、通道管理、信息处理、操作控制和联机输出等部分组成。B 机程序由主控、联机输入和打印等部分组成。A、B 两机均采用程序询问中断方式进行工作。

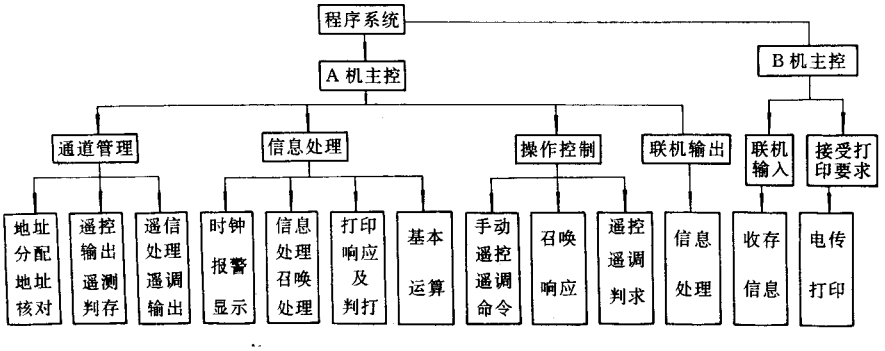


图 12－5－2　KJD－J1 型带式输送机监控系统的软件结构框图

系统有四种运行方式：(1)联机自动控制方式，由计算机直接控制；(2)联机手动控制方式，由计算机提供操作指导，操作人员进行控制；(3)脱机手动集中控制方式：通过信息传输装置在中央控制室实行手动集中控制；(4)局部控制方式，当传输装置出现故障时，使被监控设备脱离系统。由现场进行单独控制。

二、带式输送机张力的自动控制

带式输送机在启动、制动的不同运行阶段以及负载变化时，对张力有不同的要求，特别是下放式长距离带式输送机，其张力变化更大，需要对胶带的张力进行自动调节和保护。张力测量国外一般采用电阻应变片。

化工部化工矿山设计研究院为广东云浮硫铁矿设计的三条下放式钢芯带式输送机均采用了 DX 系列自动拉紧装置。这种装置通过压磁式传感器测量胶带张力，利用其输出信号控制拉紧绞车的正、反转和停车，达到自动调整张力的目的。

该系统设计了五个预定的拉力值；

1. 停车拉力值。当胶带由运行转为停车时，胶带拉力自动降到此值。

2. 运行拉力下限值。胶带运行中拉力不得低于此值。一旦达到此值，拉紧绞车自动启动，将胶带拉紧。

3. 运行拉力上限值。胶带运行中如拉力高于此值，则绞车自动将胶带放松。

4. 启动拉力值。其值大于运行拉力值，胶带由停车转为运行时，拉紧绞车应首先启运，将胶带拉紧，直到拉力大于此值，输送机才能启动。

5. 响拉力极限值。输送机在任何状态下，拉力均不得超过此值，否则作事故处理。

以上功能可通过程序控制装置实现，并与带式输送机电力传动系统联为一体综合控制。

第二节　钻车的自动控制

硬岩凿岩是一项极为繁重的采掘作业。液压钻车技术的成熟和计算机技术的进步，已使自动化凿岩的设想成为现实。在液压钻车上一般均配有自动开孔、自动推进、自动返回及卡钎保护等功能。目前在国际市场上可以买到下列用计算机控制的全自动化钻车：芬兰塔姆鲁克公司(Tomrock)的 Datasolo 深孔钻车和 Datamatic 掘进钻车、日本古川公司、瑞典阿特拉斯柯普科公司(Atlas Copoc)和斯特龙内斯公司(Stromnes)以及挪威的 Furuholmen 型钻车，下面介绍 Furuholwen 型钻车的情况。

Furuholwen 型全自动化钻车可按预编凿岩模型自动凿岩。这种控制系统，适用于钻臂数不等、大小不同的任何钻车。其控制系统的主要部件有：(1)微处理机；(2)操作盘和直观的显示器；(3)装在钻臂结点上的精确而坚固的角度传感器；(4)伸长、给进和推压机

构的位移传感器；(5)液压传感器；(6)操纵执行机构的电液伺服阀。该控制系统可以用全自动、操纵杆控制和手动控制三种方式操纵钻车。其结构示意如图 12－5－3 所示。

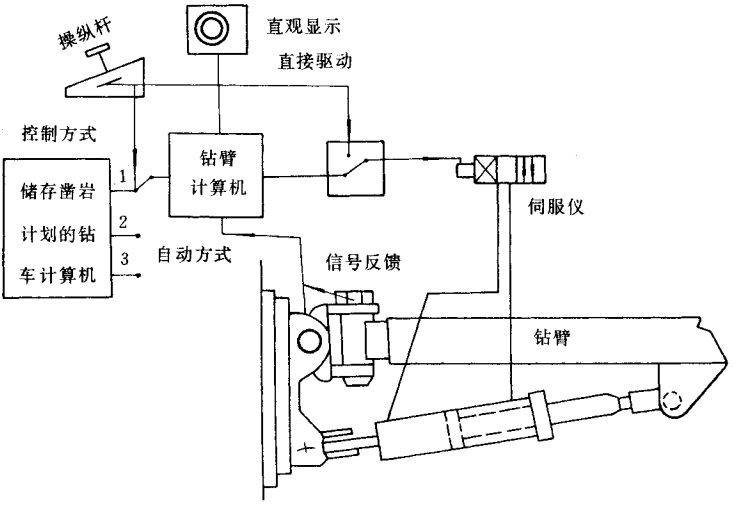


图 12－5－3　钻车控制系统示意图

一、全自动控制方式

在这种控制方式中可按预定凿岩模型全自动凿岩。将设计的炮孔参数，即相对于巷道轴线的每个炮孔位置、角度和深度，编制成凿岩模型程序，存储在操纵台上的计算机内，并通过便携式计算机输入或修改程序，系统中存储有几种稍有不同的炮孔布置模型，以免炮孔组在老炮窝上开孔。平巷轴线、定向激光束轴线或其他参考点之间的关系数据也存入计算机中。

不管钻车处在工作面的任意位置，只要使第一根钻杆与激光束或其它参考方向成一直线，并按压导向按钮，微机便根据钻车的实际位置与存储器中的凿岩模型之间的关系操纵钻车作业。钻车能够从任意位置按需要的方向和设计的模型自动地钻凿整个炮孔组。操作者可在任一点干预自动控制，例如更换钎头或根据工作面的情况重新钻凿一个炮孔，然后重新转入自动运行。

在显示屏上能显示全部钻孔的布置模型，指示哪些炮孔已经钻完和将要钻进，同时显示每个炮孔钻进中的图形，提供岩层变化的直接信息，以便操作工决定更换钎头的最佳时间。屏幕还能显示钻臂与预定轴线的相对位置关系。

二、操纵杆控制方式

在这种控制方式中，所有钻臂与钻机的动作均由操作者发出命令后，通过微机执行，

即任何需要的动作(包括位置、方向和角度的改变,或改变其它参数而保持一个不变),只要简单移动操纵杆即可有效而精确地完成。

三、手动方式

操作者用操纵杆直接操纵各个钻臂而完全不用微机,但仍然用显示器观察钻机的钻进情况。

使用微机控制钻车可获得的主要效益是:(1)缩短操作工的培训时间;(2)钻臂操纵快速而准确;(3)炮孔的方向、间距和深度准确,从而容易控制巷道外形,降低成本;(4)炮孔的布置可以优化;(5)可以钻凿更深的炮孔;(6)减少测量工作量;(7)整个凿岩作业时间大大减少。

目前国外实现了自动化的都是液压钻车,国内一些单位在炮孔自动定位和钻进参数自动控制等方面正在开展探索性工作。

第三节　微机控制的车站集中联锁

传统的铁路信号车站集中联锁系统使用大量的继电器,线路复杂、投资昂贵、运行可靠性较差,70 年代末,在集中联锁系统中成功地应用了微机技术,显示了突出的优点。这些优点是:

1. 采用软件处理复杂的联锁关系,比继电器系统灵活且便于修改,大大简化了硬件设备,节省投资。

2. 具有智能功能,可对有关运输的信息进行综合处理,促进运输的现代化管理。例如对操作指令和设备状态的动态变化进行记录打印,为分析事故提供依据。

3. 能进行自身故障诊断、容易维修。

4. 由于信息可串行传输而节省大量电缆。

5. 设备体积小,占地面积少。

1986 年本钢歪头山铁矿投用了一套露天矿山准轨铁路微机车站集中联锁系统。该系统运输矿岩总量 1490 万吨/年,采用 100t、150t 电力机车牵引。该车站有六条股道、道岔 26 组,信号机 28 台,轨道电路 35 段。

微机系统的主机选用 ISBC80/30 型单板机,并选用 PC－9801FC 微型机作为 14 英

寸(35cm)彩显终端接口设备,将来兼作管理功能。

保障行车安全是联锁系统的首要问题,为此需采取多方面措施。这些措施是:

1. 在硬件方面,采用了一机工作一机热备用的双机系统。两台微机的硬件和软件完全相同。每隔 0.4s 自动检查一次,一旦发生故障则备用机自动接替工作机的任务,备用机也始终处于自检状态。

2. 采用软件冗余结构,在一台微机内配置有两套功能相同但结构不同的联锁程序,两套程序有各自的输出口,对两套程序的输出结果在机外进行一致性检查,只有一致才执行,从而排除了机内故障导致错误输出的可能性。

3. 采用数字滤波方法获取可靠的输入状态信息,每个输入状态必须 4 个相邻信息相同才予确认,以避免由于干扰或轨道电路瞬间分路不良造成的状态信息错误。

4. 设备状态信息采用冗余编码,每个状态均用两位二进制码表示,这样,只有在两个存贮单元同时发生故障时才可能出错,大大降低了故障概率。

5. 为防止两套程序的接口设备同时发生故障而造成错误的控制输出,输出驱动器设计为动态工作方式,保证了只有在程序的控制下才能输出。

6. 输出输入全部采用光电隔离(共 456 只光电耦合器),以提高抗干扰能力。

联锁程序的设计采用模块化结构,使其具有通用性,满足各种形式和规模的场站作业需要。这些程序包括:(1)按钮输入和分析程序;(2)选路检查程序;(3)选路执行程序;(4)开放和关闭信号程序;(5)开放和关闭引导信号程序;(6)总取消程序;(7)区段锁闭和解锁程序;(8)脉冲周期控制程序;(9)故障解锁程序;(10)道岔人工解锁程序;(11)人工解锁道岔执行程序;(12)道路正常解锁和中途折返解锁程序;(13)单独操纵道岔检查程序;(14)单独操纵道岔执行程序;(15)进站信号延时解锁程序;(16)信号人工解锁程序;(17)站场显示程序;(18)照查程序;(19)定时程序;(20)时钟计数和修改程序;(21)CRT 时钟对表程序;(22)状态变化记录和显示程序;(23)串联试验的按钮记录和输出程序等。在联锁程序设计中考虑了不同的作业需要和使用要求,例如一条进路的道岔是同时转换还是顺序启动,两个咽喉能否同时向同一道发线调车等,可以通过软件开关进行选择。

歪头山铁矿微机车站集中联锁系统的结构示意图见图 12 - 5 - 4。

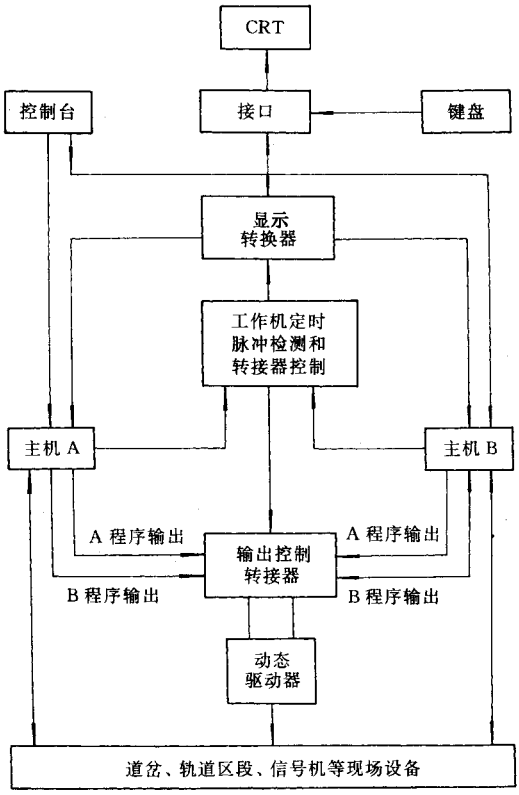


图 12－5－4　微机车站集中联锁系统的结构示意图

第四节　计算机在提升系统中的应用

微型电子计算机的发展，为它在提升机系统中的应用创造了条件。目前瑞典、联邦德国、法国均在提升机系统中使用微机作为过程控制设备，省去大量的继电器，提高了控制功能及其可靠性，对于最基本的超速、过卷、失电等保护引起的紧急停车，除由微机发出指令外，还可直接发出紧急停车指令。

我国已在三山岛金矿等矿采用了上述微机控制系统。在系统中采用 16/32 位微处理器（例如 MC－68000 型），利用它提供的多用户实时操作系统开发出各种软件功能块。利用这些功能块，以便于理解的简单语言或图形根据提升机过程控制的不同要求编成多种应用程序。例如紧急停车控制每 50ms 巡检一次，而电机温升每 500ms 巡检一次。这

种称谓‘工业过程控制器’的微机系统，其功能是十分丰富的，包括：(1)各种逻辑控制和顺序控制；(2)传动系统的闭环控制和各种运算；(3)数字式行程、速度控制器通过接收序列脉冲信号对提升的位置和速度进行精确检测和控制；(4)在完成控制功能的同时，还对生产过程进行必要的管理，包括事故、事件和报警的记录打印，提升次数、运转时间、停车时间、电流等的记录与打印。系统具有各种过程接口，例如，能输出 4～20mA，1～5V 的模拟量和直流 220V、交流 220V 的开关量信号，大大方便了工业的实际使用。

随着微型机主频的提高，价格的降低，国外一些制造商已经开发了数字控制的晶闸管变流器或交－交变频器提升机电力传动系统。使用多个 16/32 位微处理器对速度、电流闭环和磁场电流闭环进行数字调节控制。这样，不但实现变流器本身的逻辑控制，并对过电流、过电压、缺相、相序错、电机过速、测速丢失、电机过载、失励磁等进行保护。在产生故障时进行显示，而且在运行之前可在现场进行设备本身的自我诊断，如设备有故障则不投运。在运转中可对各种参量如速度、电流等进行显示，并进行在线调整。这种数字控制系统增强了可靠性，便于发现故障和排除故障，也提高了装置的运转率。

第五节　采用可编程序控制器的排水自动化

一、可编程序控制器简述

可编程序控制器(PC)，是以微处理器为基础的一种新型工业数字控制器，是微机技术与继电器常规控制概念相结合的产物。它适用于机械制造、冶金、矿山、煤炭、石油、化学、电力、纺织等各个工业部门。据统计，在美国各行各业应用的计算机中，约有 60%属于 PC 的范畴。在欧、美、日等国 PC 年增长率为 30%左右。80 年代，PC 继续向微型化和大型化高性能两端发展，出现了智能输入输出模板，广泛采用彩色图形监视系统，并增强通讯功能，与计算机和其他数据装置实现联网。

中小型 PC 一般具有开关控制、延时及计数等功能。大、中型 PC 尚具有四则运算、PID 运算、远程控制、数据传输、打印、图象显示和潭讯联网等多种功能，实际上相当于一个微机系统，但它与微机又有很大区别，详见表 12－5－1。PC 的特点之一是用户程序可简单而方便地编制和修改，以适应各种工艺流程变更的需要。可按积木方式扩充系统规模或增删其功能。

表 12－5－1　PC 与微机系统的区别

项目名称	PC	微　机　系　统
工作目的	用于机械自动化及过程自动化	用于科学计算、管理及工业过程控制
工作环境	工业现场	计算机房、办公室、实验室
工作方式	顺序扫描式	中断处理式
表现形态	编程器和执行主机为两套装置	没有专门的编程器
输入设备	按钮开关、选择开关、编程器、通讯接口、其它计算机等	键盘、磁带、磁盘、卡片机、纸带机、通讯接口
输出设备	电磁开关、电动机、电磁阀、电磁继电器、报警、显示器等、也可接 CRT、打字机等	CRT、打字机、穿孔机、磁盘、磁带
采用的特殊措施	抗干扰措施、各种动态检测、掉电保护、监控功能，更换 I/O 模块不会影响主机工作，系统稳定可靠	掉电保护等一般措施
使用的软件	接点梯形图语言、助记符命令语句、操作系统等	汇编语言、BASIC、FORTRAN PASCATOS 等通用语言
对使用人员的要求	不需学习计算机专门语言，不需要有软、硬件方面的知识，控制系统的设计时间短	要求具有一定程度的计算知识，熟悉硬件维修或软件编制技术

PC 的编程采用接点梯形图，与电气控制原理图中的符号和表达方式十分相似，为广大电气技术人员所熟知。只要设计人员编出梯形图，并按照操作说明书在编程器上进行键盘操作，就能完成应用软件的编制和装入。使用者经短期训练就能很快掌握使用。PC 的另一特点是具有标准化的积木式硬件结构，各种模板门类繁多，通用性强，产品符合有关技术标准，其耐热、防潮、抗干扰和抗振动等性能均较好，能适应恶劣的工业应用环境。PC 还具有完善的监视和诊断功能，便于运行维护。综上所述，与传统的继电器相比，PC 具有功能强，灵活性好，可靠性高，占地小等优点，价格也不算贵，即使在较简单的控制系统应用中，小型 PC 也显示了强大的竞争力。

PC 原理框图如图 12－5－5 所示。它像微机一样，由中央处理器（CPU）、存贮器（EP－ROM、RAM 等）及输入、输出模板等部分组成。但其输入、输出对象不是软盘、打印机等，而是工业现场的控制元件。例如，输入元件有控制按钮、行程开关、变送器等；输出元件有接触器线圈、电磁阀、指示灯、执行机构等。此外，PC 需要一台编程器，用以实现人机对话。

二、PC 在水泵自动化中的应用

某水泵房共装有九台水泵，分为三组，要求每组泵有两台工作，1 台备用，工作泵和备用泵可任意选定。当工作泵因故障停转时，备用泵自动启动并发出声光信号。要求既能在控制室集中操作，亦能在机旁操作，其控制系统电路见图 12－5－6。

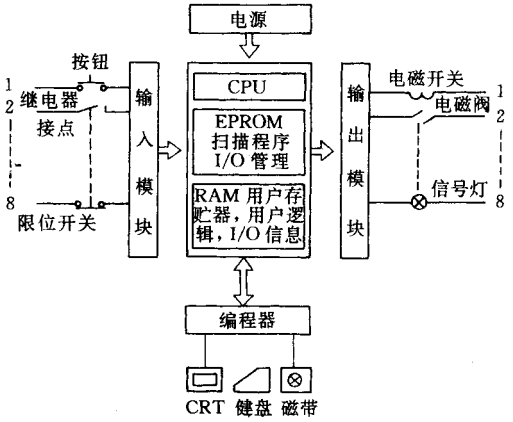


图 12－5－5　PC 的结构框图

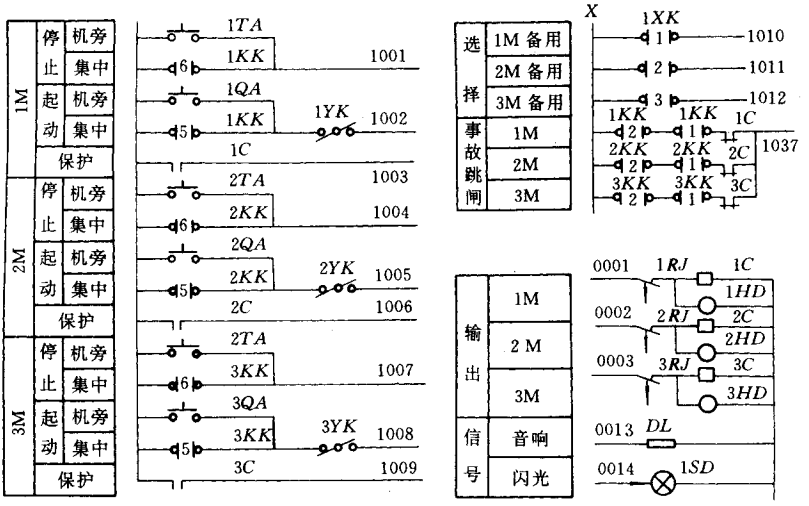


图 12－5－6　水泵控制系统电路图

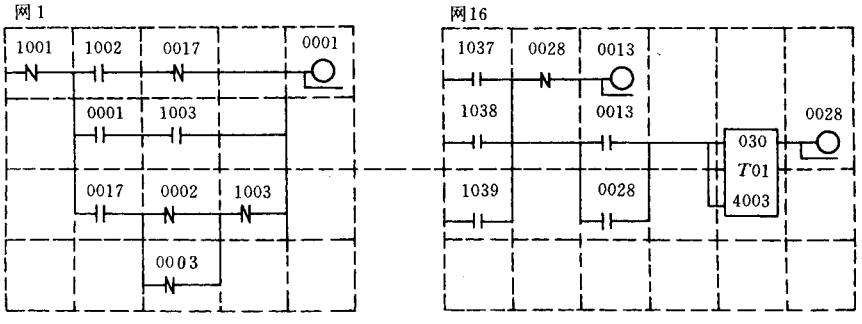


图 12－5－7　水泵控制的 PC 编程图

该系统选用美国哥德公司(Gould)的 MICRO－84－002 型 PC 机一台；B355 型输入模块 5 个，每块有开关量 8 个点，共 40 个点；B354 型输出模块 2 个，每块有开关量 8 个点，共 16 个点；P－370 型编程器 1 台。

按梯形图编程，如图 12－5－7 所示。每 4 行 7 列为一个网，有 28 个节点，每个节点可填写 1 个元件。其内存容量允许编 18 个网。产品规定的元件编号规则是：开关输入量 1001～1064；线圈及接点为 0001～0064；寄存器为 4001～4032。

第六节　充填料制备的微机控制系统

该微机控制系统应用于凡口铅锌矿立式砂仓胶结充填工艺过程。它与常规模拟仪表系统互为备用。

充填工艺微机控制系统的硬件配置图见图 12－5－8。

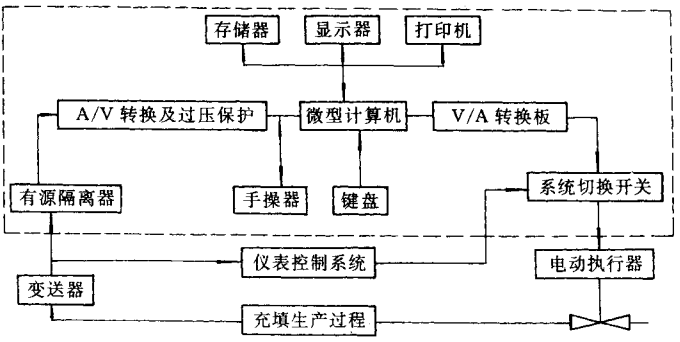


图 12－5－8　充填工艺微机控制硬件配置图

微机系统由 Z－80A 单板机及外围设备接口组成。时钟频率为 2.5MHz，RAM 容量为 16kB，EPROM 容量为 32kB，数字量输出输入为 32 点，并可产生中断输入，16 路模拟输入，8 路模拟输出，A/D 转换精度 10 位，开关量输入为 16 点，开关量输出 32 点。

微机控制柜作为系统主机与生产过程的接口设备，由有源信号隔离器、电流/电压(电压/电流)转换板、手动操作器、系统的切换开关等组成。其功能如下：

采用有源信号隔离器，以抑制来自现场的干扰；通过手动操作器旋钮，对主机控制回路的设定值进行给定；手动操作器具有自动/手动选择开关，由系统软件支持，对其控制回路可以任选自动或手动两种方式；采用系统工作切换开关作为仪表控制系统与计算机控制系统投入运行的选择开关，提供互为备用的条件。

采用打印机将生产过程的被测参数、中间计算变量及生产的产量和质量等统计报表打印。

系统的应用软件编制遵循模块化设计思想，即根据工艺要求组成各种软件模块，如测量、控制、数据处理、显示、打印等模块，这些模块统一由主程序调用，完成整个控制系统的控制、监视和操作功能。主程序框图见图 12－5－9。

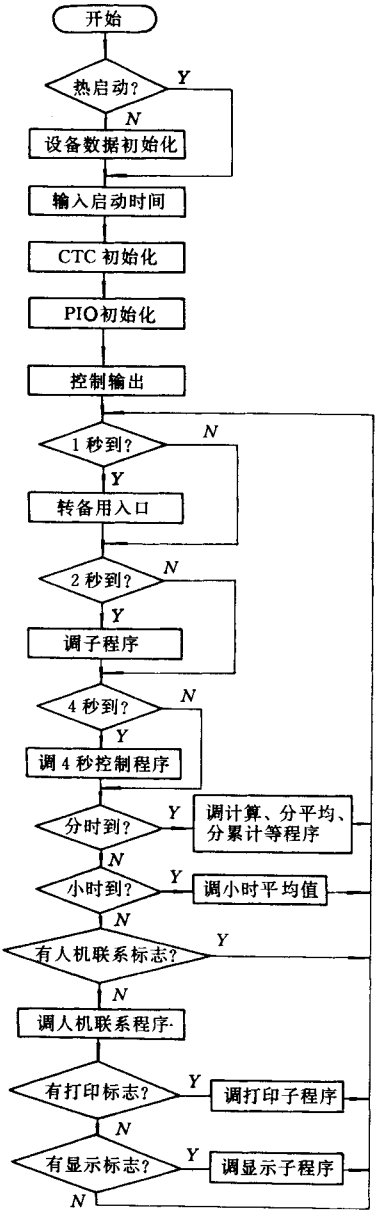


图 12－5－9　充填微机系统主程序图

应用软件的设计特点是：(1)采用模块化结构，整个应用软件由具有各种不同功能的子模块组成；(2)每个控制回路的手动/自动状态可任意选择，独立操作；还可以通过改变外部设备开关的状态选择不同的控制模型；(3)具有一个实时监控程序，可随机地接受并处理各种监控命令；(4)控制软件中采取了增量限幅、位置限幅和抗失控等一系列保护措施。

本系统具有以下主要功能：

1. 数据采集与显示。对 16 路过程参数巡回采样，测量信号为 0 ~ 10mA(0 ~ 5V)，可随机对生产过程运行状态进行屏幕显示。

2. 控制输出。可实现 8 个回路的多变量控制；充填过程有 4 种控制回路(放砂量恒定调节系统；干砂/水泥配比调节系统；搅拌桶液位调节系统；混合料浆浓度调节系统)。

3. 参数修改。参数修改采用人机对话方式进行，在不中止采样及控制程序执行的情况下，经屏幕提示，在线动态修改各测点的测量范围和上、下限报警值，控制回路设定值、PID 常数、增量限幅值、位置限幅值等，可响应 25 幅测点参数修改画面的请求以及 6 幅控制回路参数修改画面的显示请求。

4. 数据打印。采用定时中断。打印报表不影响采样及控制程序的执行。

5. 系统操作。在计算机开环运行状态，根据生产要求，系统可进行软手动或硬手动操作。软手动操作通过屏幕提示，采用人机对话方式完成，硬手动操作通过手动操作器完成。

第七节　露天矿计算机调度与煤矿计算机监控实例

一、露天矿计算机调度

露天矿要以最低成本达到最高生产能力，需最大限度地提高电铲利用率和最大限度提高汽车利用率(缩短汽车在电铲、破碎机和排土场的排队等候时间，选择最佳行车路线)。在露天矿现有生产过程无需重大改变的情况下，借助于计算机进行生产调度，可以按照电铲生产能力最优配备卡车辆数，保持均衡生产；向司机指示行车路线；监控设备的运行状态；为管理部门提供设备运行信息和生产统计数字，加强对矿山的生产管理。自 1973 年计算机调度系统在南非柏拉博拉铜矿投入运行以来，相继在加拿大莱特山铁矿和保加利亚米特德铜矿应用。实践表明，实现计算机调度之后，矿山产量可以提高 14 ~

25%,其投资费用为 60 ~ 350 万美元。但只要能使产量提高 3%,就足以补偿其投资费用,经济效益显著。

(一)计算机调度的功能

计算机调度的功能是选择最佳行车线路,最大限度减少等候时间和空车行程;优化汽车循环次数;按计划规定的产量和品位进行优化配矿;按规定的剥采比运输矿石和废石;优化安排爆破、就餐和休息时间;优化设备非计划性停顿或设备正常移位;按最优时间间隔给汽车加油;自动确定换班最优位置;设备出故障时自行调节作业程序,使生产损失减到最小;向调度员报告某台设备超过了维修时间,以适当方式调出设备进行例行维修;为管理部门提供生产和设备运行报告。

(二)计算机调度工作原理

计算机调度一般由三部分组成:最佳调度算法系统、自行设备的位置检测、通信系统和计算机辅助系统。

在电铲、破碎机工作场以及排土场、贮矿场和运输叉路口均装有位置发射机。当汽车进入其感应区时,汽车上将收到位置发射机发出的特殊信号,并予以识别,在收到中央站的询问信号时,将此位置参数自动转发给中央站。中央控制站根据车位信息和其他输入信息,按最优调度算法进行分析处理,得出最优调度指令(最佳行走路线,装矿点和卸矿点)。再将指令自动发向汽车和电铲,司机根据显示在司机室荧光屏上数码指令进行操作。中央站能实时监测每辆汽车的运行情况,在荧光屏上显示调度的动态过程。显示信息包括:指定汽车的工作状态(装车、停车、加油、等待等)、车位、指定地点、作业电铲分配、电铲工况(停铲、待车、装载等)、车辆分配和汽车行走路线正确与否的判断等。中央站还自动收集生产数据,提出打印报告,例如生产累计数字,设备运转状态统计表等。

美国 PAH 公司安装的一个计算机调度系统,包括 PDP11/24 型计算机,三台 RL02 型磁盘驱动器(每台容量 1000kB),4 个显示终端、2 台打印机,信号传输采用 Aerotron 无线电收发报机。其控制对象为 120 台卡车、30 台装载机、30 个卸载站、30 个加油站和 30 个停车场。

二、煤矿计算机监控实例

某系统由调度通信分系统、工况和环境监测分系统和计算机管理三大部分组成。图 12 - 5 - 10 是系统框图。

(一)通信分系统

通信分系统包括调度通信和行政通信,两部分互相沟通。调度通信主要是井下通信,其中包括覆盖到生产过程各个环节的井下程控电话,也有安装在运输机车和皮带运

输线上的漏泄通信电话，调度电话用于安全生产的调度指挥以及生产维修的通信联络，而行政电话则用于行政管理。各种通信统一汇接到调度总机。

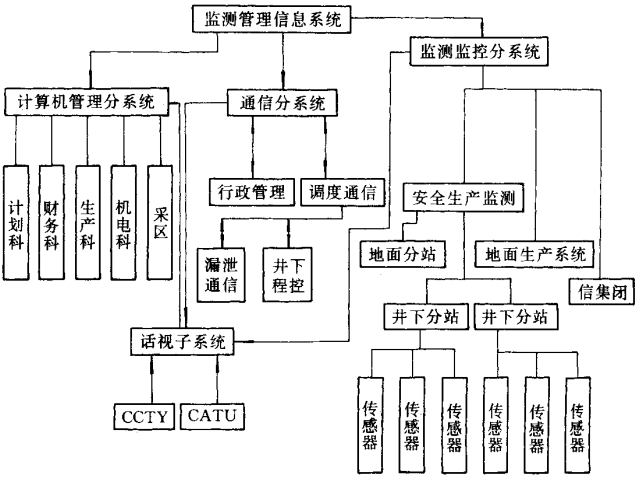


图 12－5－10　监测管理信息系统框图

通信分系统的信道和部分功能，结合数字通信技术和计算机技术，还被用来组成计算机局域网(PBX)和话视子系统。PBX 把矿区内分散在各处的计算机用专用组网软件联成呈星形结构的计算机网，以便达到数据通信和资源共享的目的，把通‘话’功能和闭路电视功能结合组成话视信息查询子系统。它既可通过话机拨号直接查询所需的信息，也可用于发布信息。除了显示上述信息外，分布各处的室内电视机还可用来显示监测系统的由实时参数和历史数据组成的模拟图和报表，以及工业电视摄取的现场图象。

(二)工况和环境监测分系统

该分系统由计算机处理子系统、传输子系统、采集子系统、接口子系统和显示子系统组成。

1. 计算机处理子系统

这个子系统的上位机采用 32 位高档微机，是系统的中心节点机。它有 12 个用户接口，以 unix 操作系统和 unify 数据库构成的操作平台完成数据的处理和建库存贮，并具有显示报表曲线和图形打印的功能。采集的实时数据和建库的历史数据可供话视子系统和 PBX 网工作站调用。

前置机选用高可靠性的工业控制总线 STD。STD 对采集的安全生产的各种数据进行预处理，把 5～15Hz 的低频模拟信号数字化，经滤波后驱动模拟盘上相应的显示单元，经超限分析，凡越限的参数驱动相应的声光报警，STD 存贮所有被测量的 24h 实时数据。

采样周期为 10s。

2. 传输子系统

传输子系统采用仿西德 TF200 频分制传输系统。它由地面中心站、安全栅、井上井下分站与传输电缆组成。这种系统组态灵活、抗干扰强、可靠性高，使用维护方便直接，比较适合煤矿环境和工人的技术素质。它采用普通的电话电缆作传输信道，每对线可传送 52 个信号，省工省钱。由于载波频率取在音频段，避免高频干扰，从而提高了运行的可靠性。

3. 采集子系统

目前安装了各种可用的传感器以实时连续地收集信息。系统可配置 80 个模拟量和 176 个开关量。根据生产的发展和需要可扩充到 400 个量。苦于当前市场上供应的国产传感器品种不全，高质量长寿命的类型少，致使许多监测系统多有"五官"功能不全之感。系统配置的模拟量传感器有瓦斯、风速、负压、电流、电压、煤仓煤位等，以及反映设备开停的多种开停传感器。

4. 接口子系统

接口子系统也采用 STD。它采集多个其它监测子系统传送来的数据，包括地面筛选子系统、装车轨道衡子系统、井下运输子系统等。数据经预处理后送入主计算机存贮，并驱动模拟盘上相应的显示单元。由于系统采用分布处理的原则，各监测监控子系统均可独立运行、进行控制，都有单独的可编程序控制器或微机处理各自的数据，接口子系统的关键技术是完成联接异型机种如 STD 和哥德 984 工控机的联接。STD 还完成煤矿调度所需的人工置数，把煤炭生产的日产量、日掘进进尺、日外销煤量及其对应的月累计量，通过键盘输入，计算机处理，自动在模拟盘上显示出来。

5. 显示子系统

这个子系统为镶嵌式网格积木结构的大型模拟盘（宽 9m，曲率半径 18m）和控制台。它能形象直观地反映出井上下环境和工况监测子系统、井下运输、地面筛选子系统及井上下供电系统的动态参数和工况状态。并能实现声光报警。作为详细的显示，该子系统还有 4 台高分辨率（1024 × 768）监示器，一台 20 寸，3 台 14 寸。可同时显示不同的图形和画面。可供使用的动态模拟图有 48 幅，还有在一个画面上显示曲线族的实时超势图和多参数柱状圆饼图。这样一种宏观和微观显示互为补充，集中与分散显示互相结合的显示系统，使信息利用的深度和广度得到进一步的开拓。

（三）计算机管理分系统

这是一个以程控交换机为中心组成的 PBX 网和以矿主计算机为节点机组成的计算机网，配上话视信息查询子系统形成的分系统。它使矿级计算机的管理和使用达到一个

初级实用阶段。一方面各职能科室可根据其职能进行单项的开发和应用,建立分布式数据库供查询;另一方面在没有总体规划,没有系统地开发 MIS 前,可把单项应用的成果,以报表、图形方式通过话视子系统达到实用,又为系统开发提供了良好的基础,一旦开发建成矿级 MIS 后能发挥更大的作用。

数据库采用集中与分布相结合的方式。在矿主计算机中,建成 unify 集中式动态数据库联结在 PBX 网的工作站,可随时调用。对监测的历史数据采用压缩技术建立曲线定位文件库,以解决多占空间和响应速度慢的矛盾。而分布在 PBX 网上的工作站则按业务范围建立各自的专用数据库,其它工作站可按权限等级通过网络进行查询。由于业务部门横向联系总的来说是比较少的,因此这种建网方式利用已有的资源,充分发挥设备的潜能的作法是比较经济的。