“设备层 + 工业以太冗余环网 + Intranet 管理网络”的 3 层网络结构模式，如图 11 - 2 - 11 所示。

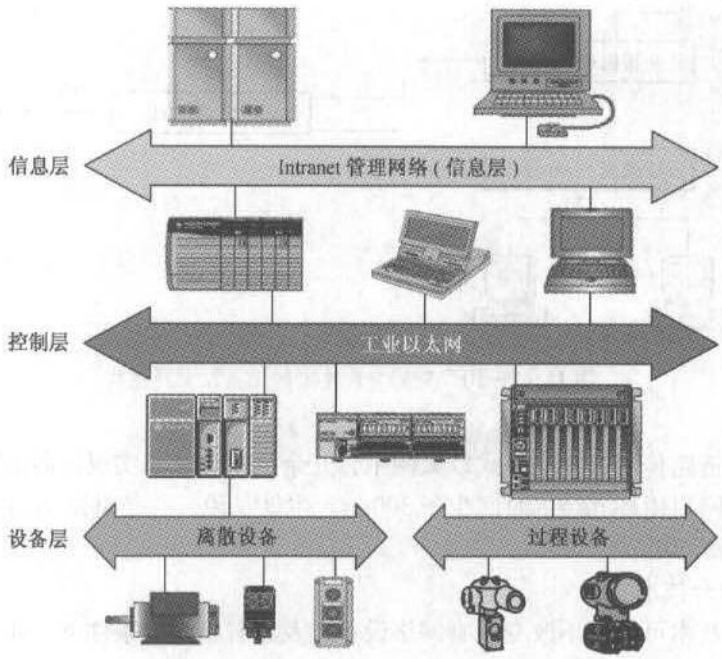


图 11 - 2 - 11　3 层网络结构示意

设备层具有接口设备，将底层的设备直接连接到煤矿井下的各种控制器上，可降低成本、减少布线、方便安装，并可实现快速故障诊断；在控制层，将 I/O 网络的功能和对等信息传输网络结合起来，实现具有 I/O 控制、闭锁和报文传送功能，保证了信息的实时性和确定性；在信息层，采用 Ethernet，通过 TCP/IP 协议，将可编程控制器、网关、人机接口和控制软件连接至企业的信息系统。利用计算机系统，通过以太网访问井下各个传感器的数据。

工业以太网技术，支持环型冗余、链路聚集，能最大限度地保证煤矿井下数据信息传输的可靠性和实时性。基于防爆工业以太环网的煤矿综合自动化及信息化高速网络平台实际应用结构如图 11 - 2 - 12 所示。

2.5.1.3　主要技术指标

（1）系统容量：≥255 台控制器。

（2）传输方式：工业以太网 + 现场总线。

（3）平台速率：100M/1000M。

（4）总线速率：2400bps 以上。

（5）传输距离：光纤环≤45kM；现场总线≤5kM。

（6）网络拓扑：混合型。

（7）冗余时间：≤50ms。

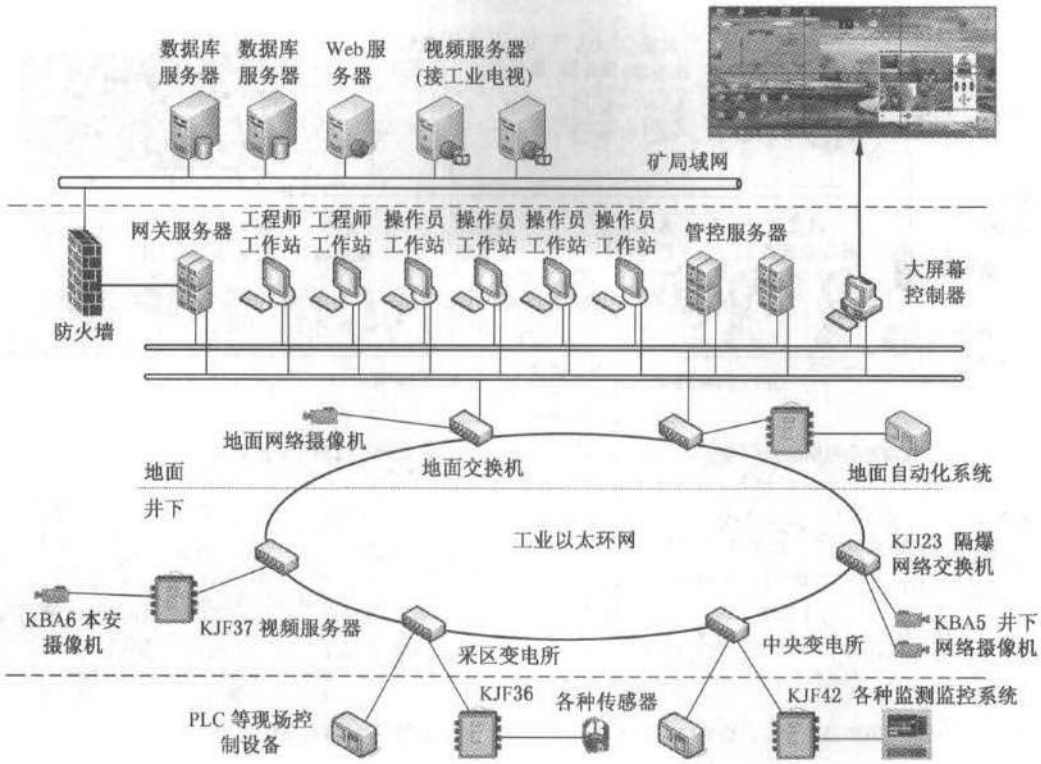


图 11-2-12 基于防爆工业以太环网的煤矿综合自动化及信息化高速网络平台

(8) 支持总线：RS485、CAN、MODBUS。

2.5.2 基于 GEPON 的环网系统

GEPON 是“千兆以太无源光网络”的英文缩写，它是一种采用点到多点网络结构、无源光纤传输方式、基于高速以太网平台和时分媒体访问控制方式并能提供多种综合业务的宽带接入技术。

GEPON 是地面广泛应用的宽带接入网技术。矿用 GEPON 系统解决了线路冗余、OLT 主机设备冗余和 ONU 本安化等煤矿应用的关键技术问题。系统特点是成本较低，可靠性高，宽带且带宽可动态分配，适合煤矿井下多种信息点的接入，能够传输视频、数据、语音业务信息，实现全矿井综合自动化系统的高速信息传输。

矿用 GEPON 的环网系统共有 4 部分组成：光线路终端 OLT、冗余控制器（标配环形线路冗余控制器，可选 OLT 设备冗余控制器）、分光器和用户终端 ONT。光线路终端 OLT、冗余控制器设置在地面，分光器和用户终端 ONT 布置在井下。通信方式下行采用广播，上行采用时分多路（TDM）。

基于无源光纤以太网 GEPON 的环网系统集成解决方案如图 11-2-13 所示。

技术性能指标：

(1) 主干网络通信速率：4×1000Mbps（1 台 OLT 可组成 4 个环网，单环为一千兆速率）。

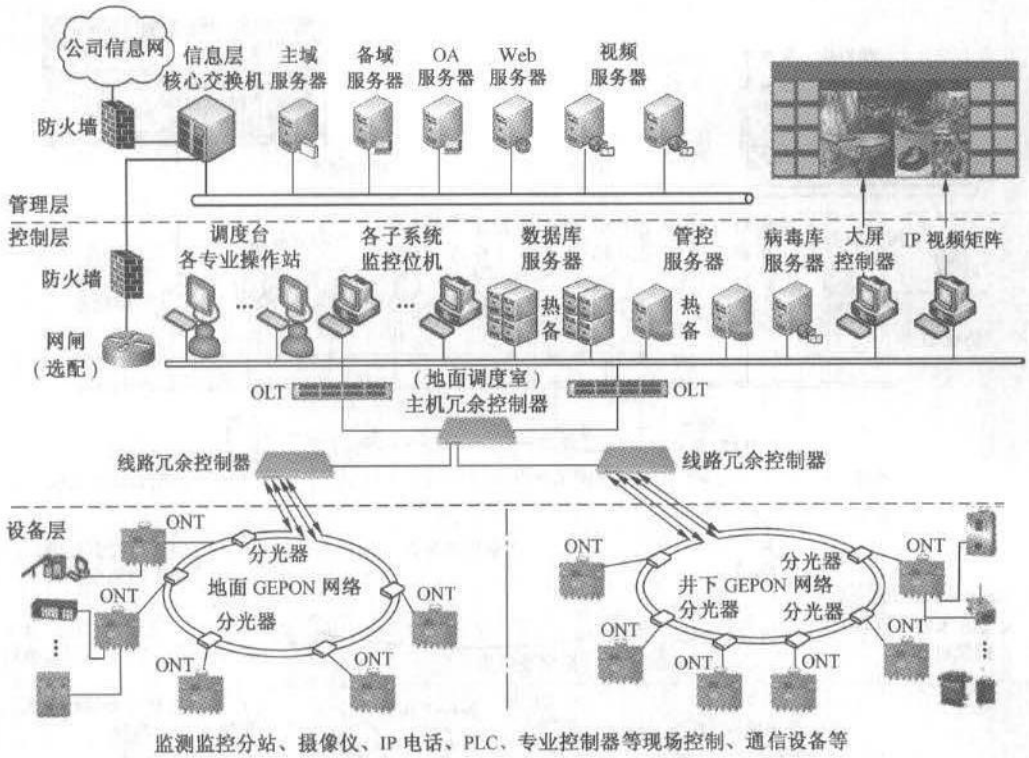


图 11-2-13　基于无源光纤以太网 GEPON 的环网系统集成解决方案

（2）主干网络传输距离：大于或等于 10km。

（3）网络节点设备数：40 个 ONT（每个环 10 个 ONT）。

（4）ONT 对外接口种类：RS485、CAN、MODBUS、100M/10M 以太网口。

（5）系统冗余切换时间：小于 100ms。

矿用 GEPON 系统的技术特点：

（1）采用以太网传输协议，具有以太网应用的所有优点。TCP/IP 协议简单实用，接口丰富，已为广大用户所接受，应用方便；PON 技术通信时不会有冲突发生，带宽利用率高。GEPON 把 PON 技术和以太网传输协议相结合，将 PON 技术和以太网应用的优点集于一身，所有以太网设备都可通过以太网口接入 GEPON 系统，所有基于 TCP/IP 协议的软件都可应用于 GEPON 系统。

（2）井下设备非常简单，系统可靠性较高。矿用 GEPON 系统中最复杂的设备是 OLT 和冗余控制器，这 2 个设备数量少（一般只需各一台），且放置在环境条件好的地面。系统中量大面广，布置在井下恶劣环境中的设备是分光器和 ONT。分光器本身是一个无源设备，故障率极低。由于采用光无源分支技术，单一 ONT 故障不影响整个系统的运行，而且 ONT 的功能和组成相对环网交换机和 MCTP 节点也简单得多。这种系统功能分配和结构组成布置方式使系统具有较高的可靠性，这是 GEPON 系统应用于煤矿环境的一大优势。

（3）井下接入点越多，平均成本越低。由于 GEPON 系统中量大面广的设备都是相对

简单的设备，所以系统规模越大，平均成本越低。按系统接满全部容量计算，矿用 GE-PON 系统的每兆带宽成本是最低的。按系统接入部分容量测算，当井下节点设备（ONT）的数量超过 5 时，成本低于千兆以太环网；当 ONT 数量超过 10 时，成本低于百兆以太环网。由于我们把井下高速光纤网络作为井下高速信息公路来看待，随着煤矿生产规模的扩大和矿井自动化、信息化建设的发展，井下接入点的数量肯定会不断增加，所以矿用 GE-PON 的综合成本优势明显。

2.5.3 MCTP 矿用本安型多通道工业以太网

MCTP 矿用本安型多通道工业以太网采用 RPR 技术和隧道技术，将传统的 TDM 业务和实时数据业务，与宽带数据业务（IP 和图像）有机地结合在一起，并实现共享数据环中以太网数据的交换以及带宽和流量控制。在充分利用带宽资源的同时，保证实时以太网业务的传输质量。同时，通过先进的时钟同步处理技术，为各业务节点提供高质量的话音和图像等 TDM 接入业务。

2.5.3.1 MCTP 主要技术原理及特点

1. 隧道传输技术

MCTP 的隧道传输技术是在一个单一网络的光纤共享链路中，通过开辟相互隔离的虚拟通道，建立节点间的固定连接，实现关键业务的高质量可靠传输，因而在保证业务传送高效可靠的同时，省去了复杂的传输协议和安全认证机制。

与基于 SDH 的 MSTP 实现多业务传送相比，MCTP 的隧道技术简化了数据的封装处理过程，减少了业务传输的中间环节，既可以保证关键业务的传送质量，又达到降低传输带宽的开销、提高带宽利用率的目的。这一技术是保证 MCTP 系统以较低的成本将实时业务和非实时业务融合在统一的传输平台上的关键。

利用隧道技术，不但能够将视频、音频、总线型数据信号通过相互隔离的虚拟通道进行传输，还可以将以太网信号根据实际需要分割为隧道 IP 传输，不同厂家的以太网传输协议（如 Profinet 等）可以在不同的隧道中独立传输。

2. 快速保护机制

MCTP 系统采用了与 SDH 相同的光纤自愈环保护原理，实现光纤环路的 50ms 快速可靠冗余保护。

3. 以太环网控制技术

MCTP 吸收了 RPR 技术的环网控制特性，提供对以太环网的控制管理。隧道技术能够提供完全质量保证的以太网透明传输，RPR 技术则使得 MCTP 系统通过业务优先级处理、流量控制和带宽公平机制，为不同要求的以太网业务提供各种 QOS 保证，实现数据在环网和其他拓扑结构下的汇聚、交换和接入。同时，MCTP 使共享环境下的数据带宽利用率得到有效的提高。

4. RPR 技术

MCTP 基于电信 SDH/MSTP 模式，通过引入 RPR 技术，实现带宽的统计复用及公平共享、业务等级分类、自动拓扑识别和电信级的保护倒换等功能，提供独立的全双工异步数据通道、64K 语音及同步数据通道和以太网数据通道，通过独有的隧道技术和虚拟网络技术保证各种业务的传输质量，并实现统一网络管理。

5. 多个光支路传输方向

MCTP 可以组成多级相切/相交环、链型、树型和星型等多种网络结构，完成异步数据、语音、图像等多种业务的接入和传输，组网灵活方便。

6. 总线型数据透明传输技术

MCTP 对现场各种总线型数据不需了解其数据传输协议，只需要考虑其接口电气特性，无须进行协议转换，通过 MCTP 设备就实现透明传输。

7. 模块式设计

MCTP 的网络节点设备矿用本安型工业以太网综合接入器采用模块化设计，以太网信号、总线型数据信号、调度电话信号、工业电视信号分别由不同的业务模块完成网络接入。可根据组网需求选择传输速率，并灵活配置各业务模块的类型和数量。支持的业务模块包括异步数据接口（RS232/485）、模拟语音用户接口（FXS）、模拟语音中继接口（FXO）、MEPG2 高保真视频接口、以太网接口等，如图 11－2－14 所示。

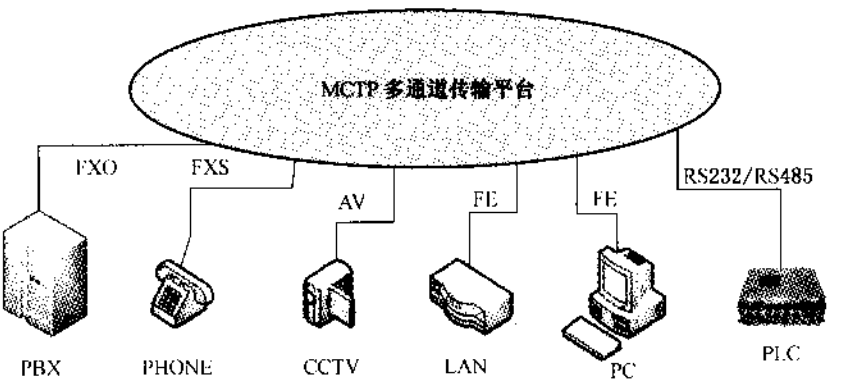


图 11－2－14　模块式设计

2.5.3.2　MCTP 系统结构与组成

整个综合自动化系统数据传输采用 SDH + 现场总线技术，构建矿井主干光纤环网冗余平台，矿井各种监控与自动化控制设备就近接入环网平台。在该平台上建立的煤矿综合自动化系统，能方便接入扩展其他监控子系统，以标准的 TCP/IP 协议、独立信道专用协议进行数据的实时通信。

系统主要由 MCTP 节点、光纤配线箱、宽带接入器、双机热备管控服务器、防火墙、接入网关、监控工作站、操作员站、工程师站、各子系统监控主机及软件、相应子系统的监控分站、PLC 控制箱、PLC 控制柜、传感器、防爆电源、综合自动化监控系统集成平台软件等组成。通过开发的系统集成平台软件，即可方便实现包括矿井安全监控系统、瓦斯抽放站监控系统、矿井人员定位系统、井下带式输送机监控系统、提升监控系统、电网监控系统、轨道运输监控系统等子系统的集成，形成全矿井综合自动化监控系统。

2.5.3.3　主要技术指标

（1）系统容量：≥40 台控制器。

（2）传输方式：SDH + 现场总线。

（3）平台速率：155 ~ 800Mbps。

（4）总线速率：2400bps 以上。

（5）传输距离：光纤环≤40km；现场总线≤5km。

（6）网络拓扑：混合型。

（7）冗余时间：≤50ms。

（8）支持总线：RS485、CAN、FSK。

2.5.4 工业以太网、MCTP 和 GEPON 3 种技术的比较

工业以太网、MCTP 和 GEPON 3 种技术的比较见表 11－2－3。

表 11－2－3 工业以太网、MCTP 和 GEPON 3 种技术比较

技术指标	千兆以太环网	双环网 GEPON 系统	MCTP 系统
主干传输速率	10/100/1000Mbps（单环）	1000Mbps（每环）	155～800Mbps
冗余切换时间	<50ms	20～100ms	20ms
三网合一	能	能	能
成熟度	成熟	成熟	成熟
网络系统设备	节点为隔爆型和本安型环网交换机，设备简单，容易扩展	本质安全型设备，容易扩展，比较简单	系统进行扩展时，井下、地面都需要增加相应的 MCTP 设备，设备比较多，投资比较大
网络结构	支持星型（树型）、单环、双环和网格等复杂拓扑结构	支持星型（树型）、单环和双环拓扑结构	支持星型（树型）、单环和双环拓扑结构
组网及保护方式	系统采用了双环结构，提供了快速的线路保护功能；增加功能设备时不需要重新配置，可以实现即插即用	系统采用了环型结构，提供了快速的线路保护功能；系统由于采用了无源的技术，每个 ONT 的故障不会影响其他 ONT 的运行，性能比较可靠；ONT 可以实现即插即用，使用方便	系统采用了双环结构，提供了快速的线路保护功能；系统属于有源设备，集中式集成，当发生故障时，整个 MCTP 节点设备可能瘫痪；增加功能设备时需要重新配置，较复杂
网络维护及管理	网络维护比较简单	井下分光器接线相对以太环网复杂，但无源设备故障率低，网络维护总体比较简单	网络管理相对复杂
有效带宽	单一环路为 1～2G，具体带宽取决环中汇聚点设备（如 8 环汇聚，则带宽可达 8～16G），实现多环时扩充简单、投资小	系统实际是 4kM 的设备每个环的实际有效带宽为 500～800M，可以支持 4 个独立的环，适用于多要求、较复杂的煤矿环境，而且在扩充环时投资很小	单一环路，实现多环时投资成本比较高

表 11-2-3（续）

技术指标	千兆以太环网	双环网 GEPON 系统	MCTP 系统
语音系统	采用 VOIP 技术，实现高清晰实时多功能的语音传输，地面不需要传统的调度机，而采用软交换的方案，节省了投资，VOIP 是目前语音系统的主流解决方案	采用 VOIP 技术，实现高清晰实时多功能的语音传输，地面不需要传统的调度机，而采用软交换的方案，节省了投资，VOIP 是目前语音系统的主流解决方案	需要采用传统的调度机作支持
视频系统	井下采用视频服务器，地面不需用其他专用设备，采用全 IP 软交换的方式，节省了设备，系统带宽大，可实现大量的视频设备的接入	井下采用视频服务器，地面不需用其他专用设备，采用全 IP 软交换的方式，节省了设备，系统带宽大，可以实现大量的视频设备的接入	地面需要专门的解码设备，同时需要传统的视频设备，设备数量比较多，尤其在视频量较多的情况下，投资比较大
与企业网的兼容性	由于采用了全 IP 的解决方案，可以直接与现有的企业网实现直接联结	由于采用了全 IP 的解决方案，可以直接与现有的企业网实现直接联结	需要将系统信息 IP 化后进行接入，需要额外的投资
其他设备接入	系统提供了丰富的以太网接口（可扩充），同时提供了其他总线接口，接入方便	系统提供了丰富的以太网接口，同时提供了 485、CAN 等总线接口，接入较方便	系统可根据用户要求提供对应的接口，接入方便
系统性价比	最高	接入点多时，高	较高

综合 3 种技术方案，工业以太网 TCP/IP 技术具有以下优势：

（1）能在同一传输平台上运行不同的传输协议，从而能建立企业的公共网络平台或基础构架；

（2）支持交互式和开放的数据存取技术；

（3）沿用多年，已为众多的技术人员所熟悉，市场上能提供广泛的设置、维护和诊断工具，成为事实上的统一标准；

（4）允许使用不同的物理介质和构成不同的拓扑结构，实现不同距离的传输；

（5）软硬件资源丰富，成本低；

（6）可持续发展潜力大；

（7）易于与 Internet 连接，能实现办公自动化网络。

3 生产自动化系统

3.1 生产自动化系统目标及架构

煤矿生产自动化是煤炭企业信息化的基础，当前广泛应用计量、计算机管理、自动化控制三位一体的思想，通过自动化生产设备、自动化检测仪器解决现场的生产瓶颈，保障现场实时数据向上层管理系统的传输——“数据不落地”。

为提高煤矿生产能力和安全生产管理水平，多数煤矿已安装或即将建设多种自动化系统，如提升自动化系统、排水自动化系统、主运自动化系统、通风自动化系统、供电自动化系统、选煤自动化系统、工业电视系统和安全监测系统等。这些监测、监控系统大多是在不同阶段建设，处于相互独立的状态，造成了通信线路重复投资、重复建设，整体可靠性差，不利于煤矿安全生产等一系列问题。各种系统自成体系，需要专门、独立的值班和维护人员，且信息不能互通，不能充分发挥自动化系统的综合效益；系统维护量大，维修、维护困难。因此，为了从系统工程的角度整体上对煤矿进行统一的自动化管理，有效整合各种资源和发挥自动化集成的最大效益，需要建立统一的煤矿综合自动化系统。

3.1.1 系统目标

通过建设煤矿综合自动化系统，使煤矿井下的安全信息、设备的工况信息和控制信息在一个统一的平台上传输，避免重复投资和建设，提高传输平台的可靠性和传输能力。通过综合自动化软件平台，可以将现有及将来的自动化系统整合到一个统一的综合自动化监测监控系统中，进行集中的调度管理，有效地提高矿井生产安全调度水平，实现对煤矿机电设备和安全监测信息的远程集中监测与控制。

系统目标具体表现在：

（1）向下能监测各子系统内设备的运行状态以及所需的生产和安全参数，能对矿井内各控制子系统发布控制命令；向上能够上联集团公司局域网，实现矿井与集团公司之间的生产与管理信息及时交换，从而实现安全生产过程控制网络化、企业综合管理现代化。

（2）建立一个生产调度中心，在地面调度中心能够对各自动化系统机电设备进行集中监控，井下各系统可实现无人值守，仅需巡检工进行定期巡视和维护，实现全矿的管控一体化。

（3）建立一个快捷、标准的传输平台，提供安全、先进、可靠的传输能力，满足生产和管理的要求。

（4）随着矿井建设能够整体规划分步实施，并能随着技术的发展方便升级。

3.1.2 综合自动化的系统架构及基本内容

煤矿综合自动化的系统架构如图 11-3-1 所示。综合自动化建设的基本内容有综合集控平台建设和生产执行管理系统建设两部分。

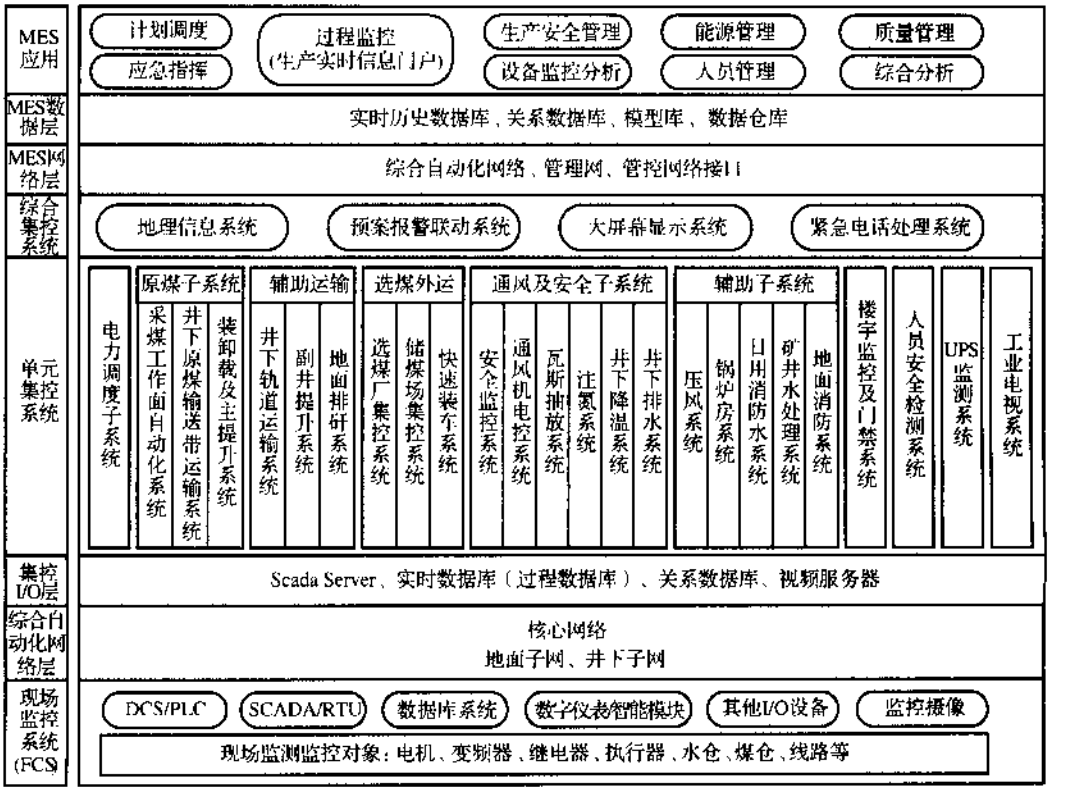


图 11-3-1　煤矿综合自动化的系统架构图

3.1.2.1　综合集控平台建设

矿井综合集控平台是一个数据集成平台，实现矿级数据的自动采集和分析，可以将矿级的数据采集、存储在数据中心，以利于用户的及时展现、分析、查询，并提供现场数据采集、过程可视化及过程监测控制功能，实现煤矿生产各环节自动控制系统和生产管理系统的集中监视、管理，全面监测矿井全部生产过程和工艺过程。主要包括：采煤工作面自动化系统，井下供电自动化系统，井下原煤输送带自动化系统，主、副井提升系统，井下主排水自动化系统，煤矿辅助运输综合监控系统，煤矿自动化配煤装车系统，主要通风机监测系统，压风机监控系统，工业电视监视系统，井下人员定位和管理系统等。

3.1.2.2　生产执行管理系统建设（MES）

生产执行管理系统（MES）的应用位于生产执行层，它将生产相关的各类现场信息与生产执行管理过程相结合，为矿井安全生产管理提供一个集成化、实时化的信息平台。对上与集团管理信息系统接口（采购、运销、设备、人力、财务等）传递经营目标计划信息，对下与集控平台及其他专项技术系统连接采集现场动态信息。主要包括：安全生产管理系统、计划调度管理系统、过程监控（生产实时信息门户）、应急指挥系统、设备监控分析系统、人员管理、能源管理、质量管理、综合分析等子系统。

3.1.3　综合自动化效益

煤矿综合自动化效益概括为：

（1）节省传输线路铺设和维护费用；
（2）提高对设备的故障分析和判断能力，减少停机事故；
（3）加强对辅助运输的调度与管理，提高运输能力；
（4）减少人工操作失误，增强操作系统的可靠性，延长设备使用寿命；
（5）搭建传输平台、数据平台和监控平台，一次投资，长期受益；
（6）在地面集中监测监控，井下减员增效，减少井下人员伤亡的可能性；
（7）集中监测、监控，实现无人值守、定期巡检，有效降低生产成本；
（8）提高整体集成水平，发挥自动化系统的综合效益；
（9）实现煤矿管控一体化，提高煤矿的安全生产调度水平。

3.2 主、副井提升监控系统

3.2.1 系统需求

主、副井提升是矿井煤炭从井下提升运输到地面的主要生产设备，提升机投资大、系统复杂、电气控制技术水平高，是煤矿安全生产的关键设备。其运行性能的好坏，不仅影响到矿山生产和煤炭产量，而且还与设备及人身安全密切相关。因此要求提升机应能按照预定的力图和速度图，实现平稳启动、等速运行、爬行和停车，而且在运行中要有极高的可靠性。提升设备的安全运行必须得到强有力的保证。

3.2.2 系统构成和方案

提升机的检测和操纵系统包括：操纵台、深度指示器和测速发电机装置。提升机的拖动、控制和自动保护系统，包括主电机及调速驱动装置、电气控制系统和自动保护系统。自动保护系统的作用是在无司机参与的情况下，发生故障能自动将主电机断电并同时进行安全制动，从而实现对系统的保护。提升机的控制还包括主、副井提升信号及装卸载控制系统。

提升设备配套有完善保护的变频控制系统（或直流控制系统），按给定速度图四象限运行。提升机房设有高压变配电室，双电源供电。要求提升系统配套设备具有开放的通信接口。

实现主、副井提升的监测和控制需配置一套 PLC 检测分站，实现与提升控制系统信息交换、与提升机房变配电系统的信息交换、与提升信号系统实现信息交换、与钢丝绳无损探伤仪实现信息交换。监测分站作为副井提升机与矿井综合自动化网络的连接桥梁，将提升系统接入到矿井地面综合自动化系统的光纤工业以太环网。在矿井生产调度指挥中心可观察到副井提升系统中的各种参数和运行状态。通信协议采用 TCP/IP 协议。每套提升系统再配置一套 TCK 型钢丝绳无损探伤仪。

3.2.3 系统功能

（1）提升机房变电所全部设备进行监视、测量、事故记录和报警。

（2）提升设备进行监视、测量、事故记录和报警，主要包括：主电机电流、电压、温度检测；提升速度检测：防止错向和超速；罐笼位置检测：监测减速点、限速点、贴闸点、抱闸点、停车点，防止上下过卷；钢丝绳打滑监测；轴承温度检测；液压站油压、油温检测；闸瓦磨损检测；主令控制器零位检测；变频器输出参数检测；变频器温度检测。

（3）提升运行信号检测、记录和报警，主要包括：提人、提物及检修信号；矿井上

下安全门关闭、开启信号；允许开车信号；信号系统的电源监视信号；变频器故障信号。

（4）模拟显示功能。调度室应能显示检测到的数据，模拟提升机提升过程、各辅机设备动作状态，提升速度图等。

（5）钢丝绳在线监测，量化钢丝绳内外断丝、磨损、锈蚀、疲劳、压伤故障，评估钢丝绳使用的安全可靠性；钢丝绳损伤处自动报警，保持查看钢丝绳损伤记录及损伤曲线；在线监测频度设定与远方控制。

（6）实现提升系统遥控功能。

3.3　采煤工作面工况监控系统

3.3.1　系统需求

采煤工作面工况监控系统主要监测采煤机、前后部刮板输送机、支架、转载机、破碎机、泵站等设备的工况、关键点的温度、工作电流、功率等，同时还监测瓦斯、CO、温度、风速等环境安全方面的信息。

采煤工作面工况监控主要包括支架液压监测和电控系统、电牵引采煤机控制系统和工作面设备顺序控制系统。采煤工作面工况监控系统根据采煤机输入的信息，对采煤机进行连续跟踪，并监测监控自动控制液压支架和工作面上的其他设备。系统应该具有信息联网功能，在调度中心能发布控制命令并能监视该系统运行参数和设备运行画面情况。采煤工作面工况监测点示意如图 11－3－2 所示，采煤工作面工况监控系统结构如图 11－3－3 所示。

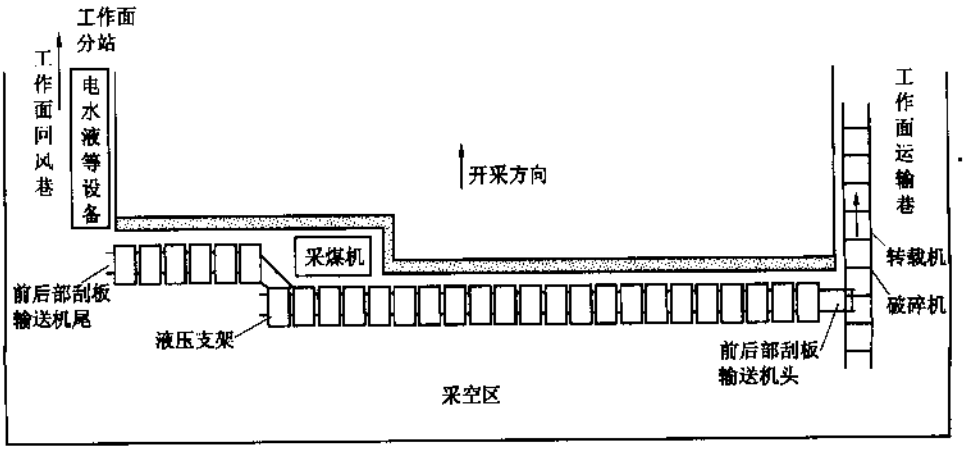


图 11－3－2　采煤工作面工况监测点示意

3.3.2　支架液压监测和电控系统

支架液压监测和电控系统主要由液压传压器、监测分站、电源和通信电缆组成，完成井下综采工作面压力和支架实时液压的监测、单个支架（邻架）动作的非自动控制、单个支架（邻架）的降柱—移架—升柱动作自动顺序联动、成组自动控制、以采煤机位置为依据的支架自动控制及自动化放煤、支柱在工作中发生卸载时的自动补压功能和闭锁、紧急停止功能。

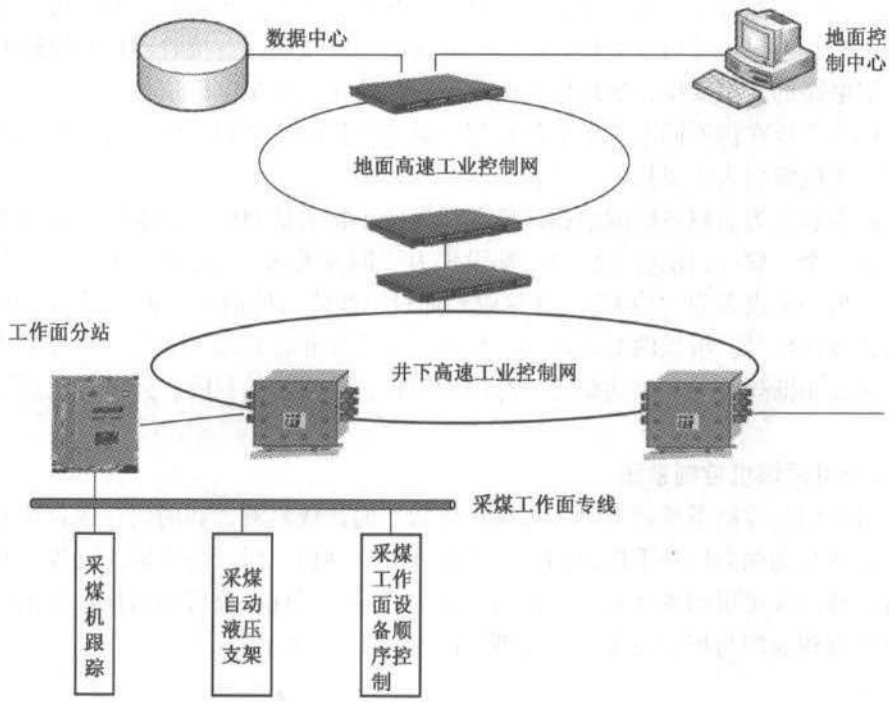


图 11-3-3 采煤工作面工况监控系统结构

支架液压监测和电控系统主要设备包括支架控制器、电液阀组、电磁线圈驱动器、压力传感器、行程传感器、检测采煤机运行位置和方向的红外线检测器、隔离耦合器和网络终端器。

支架控制器是一台专用控制计算机，提供支架的控制操作服务。控制器有完备的人机交互界面、操作键、闭锁急停键钮、LED 点阵式字符显示屏、各种功能的 LED 发光管信号显示以及蜂鸣器，从而保证操作者方便地进行操作控制并及时获得系统的提示及状态信息。

电液阀组包括液动的主控换向阀和对应的电磁先导阀。电磁先导阀是由电磁线圈通电产生的吸力而产生动作。电磁先导阀除了靠电磁线圈的吸力动作外，还可以直接推压推杆的外端，推杆带动先导阀芯动作。推杆外端封有胶护罩，供手动按压。在停电、电控系统有故障或其他临时不使用电控系统的情况下，作为应急操作，可以直接按推杆使先导阀动作。

电磁线圈驱动器在支架控制器与电磁线圈之间，接收来自控制器的电源和控制信号，执行对各单元电磁阀线圈供入电源并控制通/断的任务。

压力传感器检测支架立柱下腔内的液压力，插入支柱测压孔中实时监视支架的支护状态，向系统提供控制过程的重要参数。

行程传感器装在液压缸中，用来检测千斤顶的活塞杆的移动行程值。行程值代表的是支架或刮板输送机所处的位置，是控制过程的重要依据，推移千斤顶活塞杆位置决定推移刮板输送机移架的进程。

红外线发射器安装在采煤机上，红外射线从其镜头发出，正对着支架，射向安装在立柱上镜头正对着采煤机并与发射器处在同一高度的红外接收器。接收器接收到红外线信号后，经内部电路的处理变换，通过电缆向支架控制器输入模拟电压信号。

隔离耦合器接在由不同电源供电的相邻 2 组支架控制器之间，将 2 组支架控制器完全电气隔离，为电源引入各组提供通道。

网络终端器是为监视系统的数据通信总线保持正常通信而设置的附件，控制器网络的两端各设置一个。软件自动将它们的一端设置为“同步发送”，定时向通信总线发送同步脉冲信号；另一端设置为“应答”，在接收到通过总线传来的同步脉冲信号后，随即向总线发送应答脉冲信号。根据两端终端器信号发出的状况和在总线上传送以及控制器接收的状况，通过控制器软件的判断达到监视总线和保证正常通信的目的，并可实现系统的紧急停止功能。

3.3.3　电牵引采煤机控制系统

电牵引采煤机控制系统通过对采煤机工作状态的在线监测，利用信息融合技术，实现采煤机滚筒的自动调高以及采煤机的故障诊断和故障预报，保证采煤机的远程控制系统的可靠运行。通过采煤机的参数检测、控制、信号传输，实现采煤机的远程可视化控制和监测。采煤机远程监测与控制系统工作原理如图 11－3－4 所示。

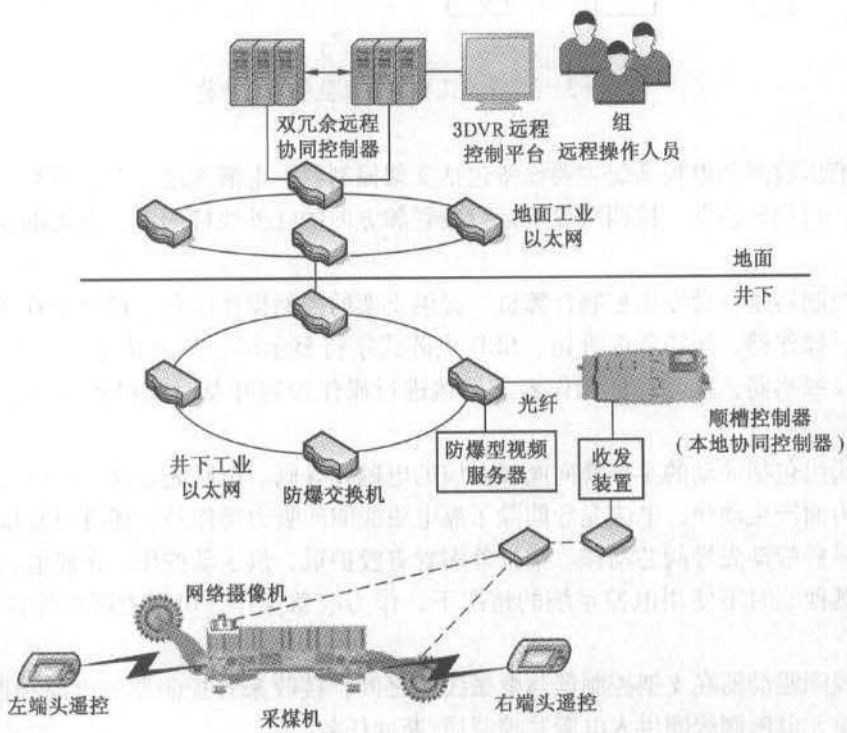


图 11－3－4　采煤机远程监测与控制系统工作原理

采煤机远程监控关键技术主要包括采煤机参数检测装置及故障诊断技术、采煤机滚筒记忆切割及远程修正技术，其总体结构如图 11－3－5 所示。

1. 采煤机参数检测装置及故障诊断技术研究

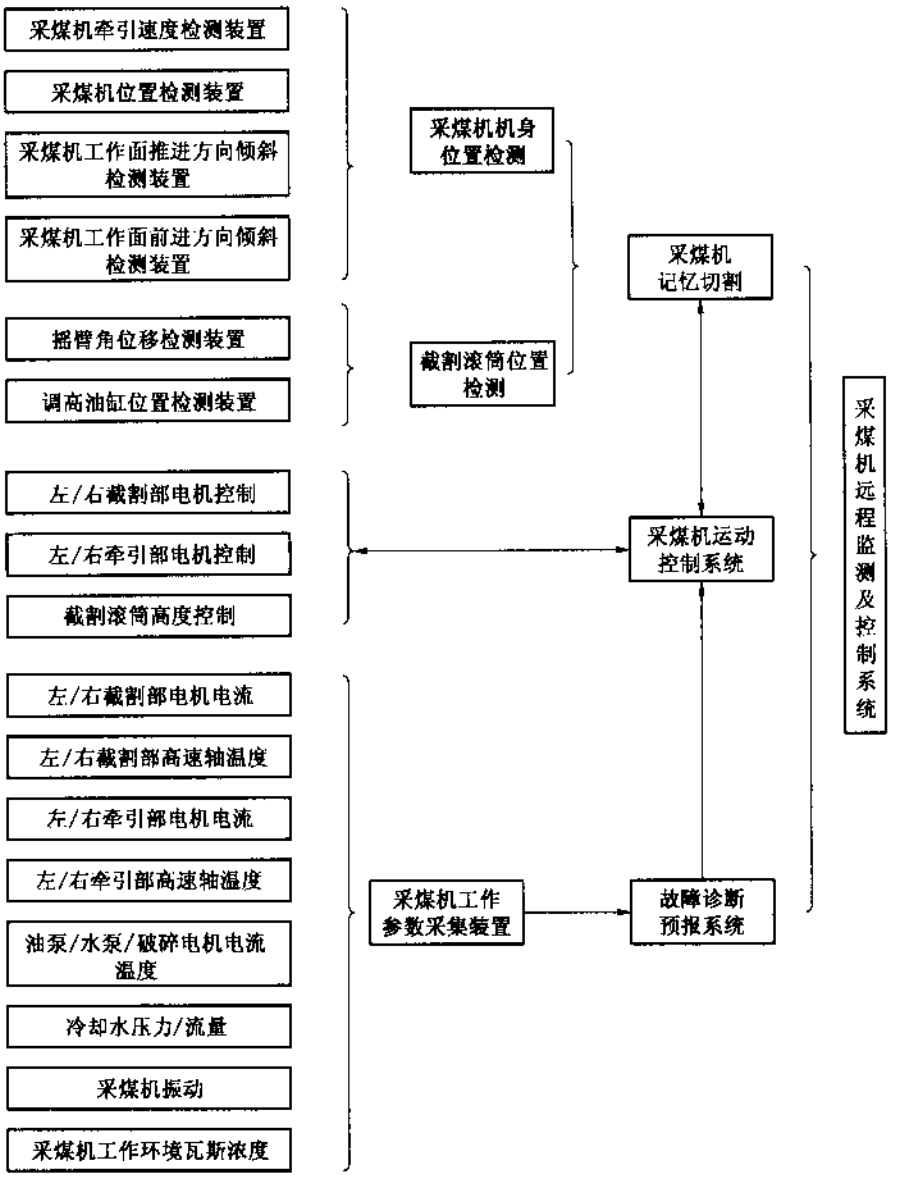


图 11-3-5 采煤机远程监控关键技术总体结构

采煤机参数检测装置包括采煤机运行工作参数（如位置、姿态、液压、油温等）检测装置、故障信号检测装置、多传感器信号采集等装置。采煤机故障分析技术研究：在采煤机工作状态参数监测的基础上，利用多传感信息融合实现采煤机工作状态的真实判断，基于时域分析和频域分析，实现采煤机故障的诊断和采煤机故障预报技术。

2. 采煤机滚筒记忆切割及远程修正技术

采煤机滚筒的自适应调高技术在准确监测采煤机行程位置的基础上，记录相应的采煤机机身状态参数和切割滚筒状态参数作为预测模块进行存储。当采煤机运行到相应位置时，采煤机以预测模块的参数进行工作；当出现特殊工况时，通过远程控制器的远程修正

功能进行滚筒调高。

通过井下自动化信息网络，实现矿井综采工作面设备数据上传到地面调度室，包括采煤机位置、采煤高度、割煤速度、各台电机的负荷、各主要部位的温度等数据的监测和设备控制。

3.3.4　工作面设备顺序控制系统

工作面设备顺序控制系统能完成破碎机、转载机、前部刮板输送机、后部刮板输送机、泵站、煤机闭锁前溜等的控制，应具有以下功能：

（1）集控方式下遵循煤流顺序启停车操作，支持地面计算机远程控制，启停逻辑可根据参数设置现场修改；

（2）就地方式下遵循煤流顺序启停车操作，但不允许远程操作；

（3）检修方式下打破设备连锁关系，可任意启停设备；

（4）点动方式下可对单个电机进行点动；

（5）急停控制，通过扩音电话提供的闭锁按钮实现紧急停车；

（6）就地启停车操作，通过安装在大溜机头的 IC 电话实现对前后部刮板输送机的就地启停操作。

工作面设备顺序控制系统采区布置图如图 11－3－6 所示，采区设备也可以实现地面监控。

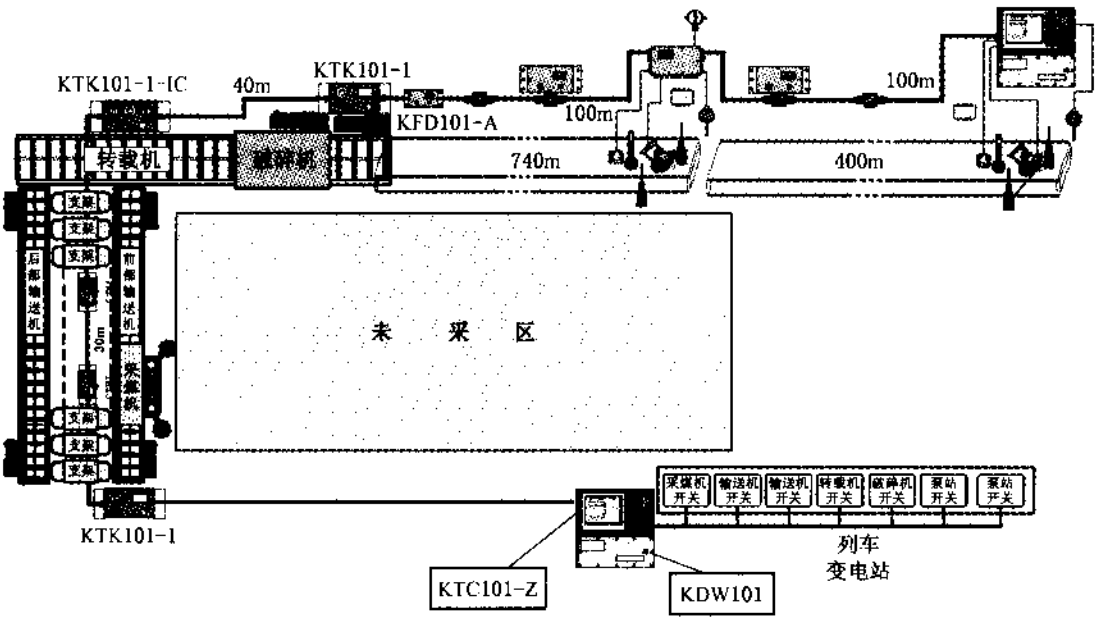


图 11－3－6　工作面设备顺序控制系统采区布置图

3.4　井下供电自动化系统

3.4.1　系统需求

随着煤矿现代化程度的不断提高和井下高压供电距离的增加，对煤矿井下供电系统可靠性、安全性和连续性的要求越来越高。

煤矿井下供电网络结构复杂，工作环境恶劣，负荷波动大，工况很不稳定，瓦斯煤尘积聚、滴水冒顶事故等会使电气设备绝缘强度逐渐降低。同时由于操作人员维护不当或操作错误、输电线路的导线断裂等原因，经常会出现漏电及单相接地故障。单相接地、相间短路故障发生时产生的电弧能量会引起瓦斯、煤尘爆炸，直接危及人身安全和矿井安全生产。随着采煤机械化程度的提高，机电设备的耗电量越来越大，耗电量的大小直接影响了吨煤成本。为了确保煤矿井下供电系统的可靠性和安全性，必须建立和实施井下供电自动化系统。

3.4.2 系统构成和方案

基于工业以太环网的井下供电自动化系统已成为目前煤矿供电检测监控的主要方式，它能实时监测矿井电网供电系统各级电压值、负载电流值、功率值以及各高低压开关的运行状态等实时参数；能对电网的过压、欠压、过载等进行预警和报警；能对各个高低压开关的保护定值进行整定，对其参数进行在线修改，同时可对其进行遥控分合闸，完成对电网的远程停送电控制；对电网的数据实时采集处理，对矿井电网的短路、过载、接地、漏电等系统故障进行实时监测和保护，并对故障实现在线诊断和定位。该系统和地面电网的综合自动化系统有机的结合，完成了对全矿地面到井下的整体电网的在线监测和控制；同时采用先进的多主并发通信模式，检测速度快、实时性强；通过 Web 网络发布，使该局域网络上所有计算机终端在使用权限范围内都能通过普通 IE 浏览器共享监测信息、查询各类数据报表。该系统采用标准开放的数据平台，支持 OPC、DDE 标准的数据交换接口，实现了矿井各种生产子系统的无缝集成，为全矿井综合生产联动系统建设奠定了基础。

3.4.2.1 工作原理

在井下供电自动化系统中，高、低压开关微机综合保护装置将采集到的信息，经过处理，一方面用于开关的保护运用，同时通过 RS485 总线或 CAN 总线等将电流值、电压值、故障原因等数据上传到电力传输分站，电力传输分站在显示的同时将数据上传到交换机，转换成 TCP/IP 协议后经光纤工业以太环网再上传至监控中心主机。同样，监控中心主机发出的命令通过 TCP/IP 协议传到对应交换机和电力传输分站，电力传输分站再通过 RS485 总线或 CAN 总线将命令下传给高、低压开关微机综合保护装置，微机综合保护装置执行完命令后将结果再返回监控中心主机。

3.4.2.2 系统组成

井下供电自动化系统主要由 4 部分组成：地面自动化控制终端、井下工业以太环网系统、井下电网安全监控系统以及配套的工业电视系统，如图 11－3－7 所示。

井下供电自动化系统主要由三级结构组成：

一级为地面监控中心站。它是整个矿井供电安全监控系统的核心，负责整个系统设备及电网监控数据的管理、整定配置、与电力传输分站实时数据通信、分析处理、统计存储、屏幕显示、查询打印、实时控制、画面编辑、网络通信等任务；主要有工控机、数据通信接口、打印机、UPS 电源、避雷器等设备。

二级主要为工业以太环网和电力传输分站。主要完成对所监控的高、低压开关综合保护数据通信、数据预处理、液晶汉字显示、报警、输出控制、与地面中心站的数据通信等，主要安装在各级变电所。

三级为各类高、低压开关综合保护装置、电量传感器、测量保护单元（针对高压开

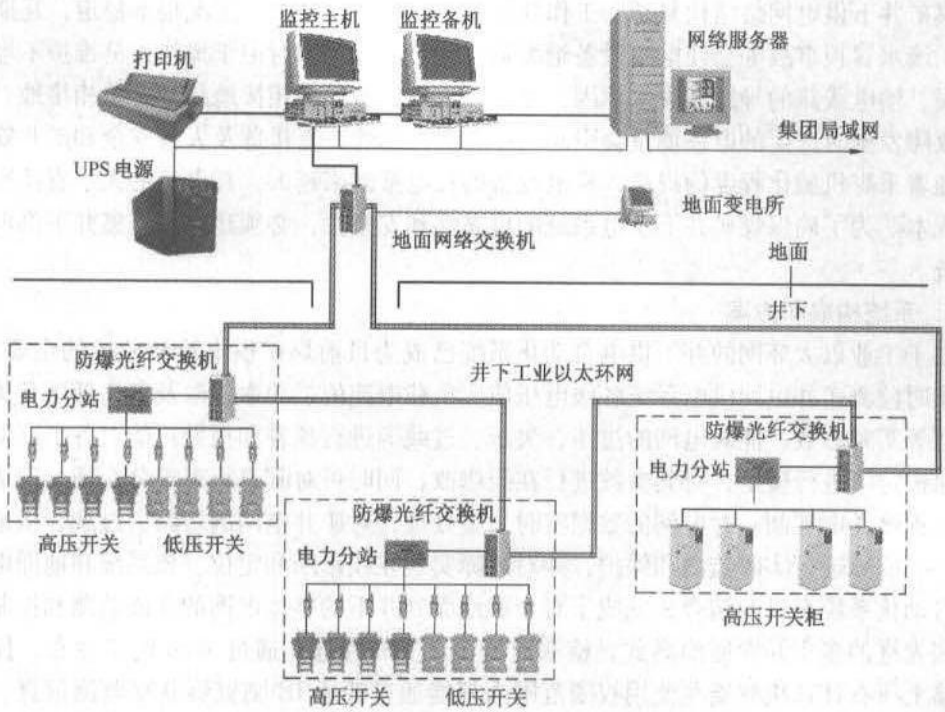


图 11-3-7　井下供电自动化系统示意

关柜）等设备，是整个监控系统最前沿的设备，负责对电网的数据采集、分析处理、异常保护、开关分合闸控制、数据通信、对电力传输分站控制指令的执行。主要分布在各级变电所的高、低压开关及配电柜中。

3.4.3　系统功能

（1）遥测功能：实时监测井下供电系统的电压、电流、有功功率、电量等电力参数。

（2）遥信功能：实时反映井下开关的分、合闸状态，包括开关的运行参数、是否正常、事故遥信变位。

（3）遥控功能：井下开关断路器或接触器的遥控分、合闸操作。

（4）遥调功能：远方保护定值召唤、整定修改。

（5）保护测控单元中的保护部分功能独立，不依赖通信网。

（6）保护测控单元兼有就地设置、显示、控制以及数据查询功能。

（7）系统开放性、扩充性好，可无缝接入安全生产调度监控中心平台。

（8）系统上位机具有实时显示各种监测数据、图形、曲线和表格等功能，能够完成历史曲线打印、报表查询和图形绘制等功能。能对电网进行故障定位、图像报警和声讯报警处理。

（9）具有设备管理功能，可在矿井巷道图中标注相应位置的电力设备，用于设备的统计和查询。

（10）系统操作具有分级权限管理功能，每个操作步骤系统自动记录，生成运行日志，安全可靠。

（11）具备故障录波分析功能，当保护动作时，可自动启动录波，也可由调度下命令启动某回路进行录波，主站可再现电压电流波形，分析各个时刻的幅值相位等，也可打印出录波曲线。

（12）综合保护装置可使用后备电池供电，在越级跳闸事故发生后，装置仍能和后台进行通信，并可及时查找故障开关，切除故障线路，缩短恢复供电的时间。

（13）配合变电所的工业电视系统的视频图像，可以实现无人值守。

3.5 井下主排水自动化系统

3.5.1 系统需求

煤矿井下水泵是煤矿生产的主要设备之一，实现井下泵房的远程控制与监测，是综合自动化建设的重要组成部分。目前，在矿井泵房的排水系统设计中，一般设置多台多级离心水泵，一组工作，一组备用，并设置了用于轮换检修的水泵。这些水泵电压高、功率大、运行工况复杂，人工很难做到实时监控。另外，对于水泵启动前吸水管路的充水（抽真空）、水仓水位监测、泵房内设备的运行与管理等工作，普遍采用人工操作方式。这种传统模式操作过程繁琐、劳动强度大、人为因素多、启泵时间长、自动化程度低，已不能适应现代化矿井管理的要求，因此，有必要使泵房水泵实现自动化控制。

3.5.2 系统构成和方案

井下主排水自动化系统基于依托光纤工业以太网，除能完成水泵的单机控制外，还可通过工业以太网传输接口模块与设置在中央变电所的网络交换机连接，由井上调度中心监控所有排水泵等被控设备。监控系统上位控制主机通过网络平台将主排水系统及配套设备的状态信息和实时数据传送给调度室监控主机。调度监控主机使用组态软件实时动态显示主排水系统及配套设备运行状态和参数。

井下主排水自动化系统主要由3部分组成：

（1）地面自动化控制中心。地面监控站设置在地面自动化控制中心，通过工作站对井下泵房相关设施进行集控和监视。

（2）工业以太网网络结构。利用工业以太网作为井下泵房监控系统的主干网，实现泵房相关设备的实时控制及信号采集。

（3）泵房监控单元。井下监控单元由井下监控主控站及信号采集装置、传感器等组成，主控制站作为井下控制部分的通信核心，完成分站监控信息与地面控制中心的监控信息交互传递，同时，通过在现场的操作显示屏，为井下巡检人员提供整个系统的运行情况。井下主排水自动化系统网络通信结构如图11－3－8所示。

3.5.3 系统功能

井下主排水自动化系统可以实现自动采集、水泵的各种运行参数，根据水仓水位、生产工作制及负荷情况控制水泵自动工作。根据监测到的信号判断水泵的工作情况，故障时能及时发出报警信号，并根据工作类型停泵；可自动、手动控制水泵的启停及电动闸阀的开、关及开度。在矿井地面调度监控中心可完成对水泵控制的各种操作。系统能与矿井综合调度系统无缝连接，实现数据的共享。

系统包括自动、手动操作控制方式。在自动控制中可实现无人值守全自动运行或在上位机上通过鼠标键盘完成操作；在手动控制中可实现自动控制故障或退出集控时在机房操

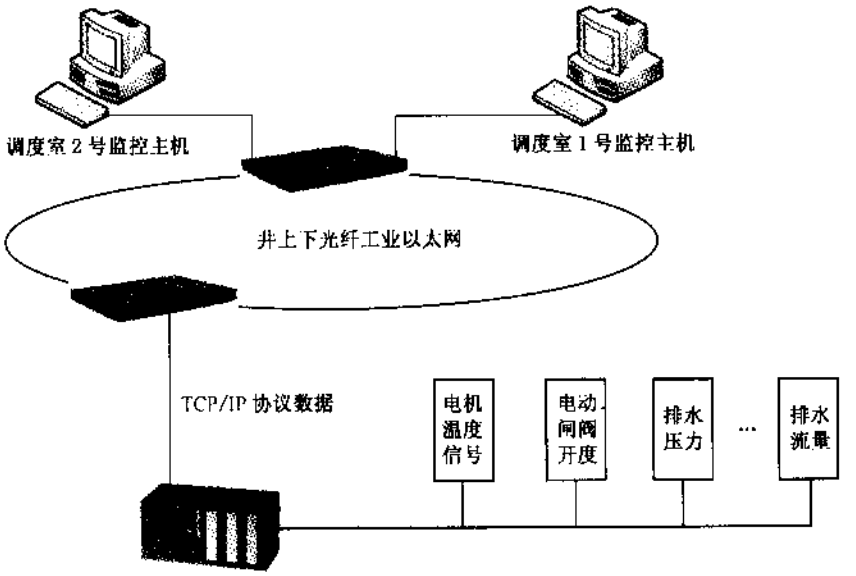


图 11-3-8　井下主排水自动化系统网络通信结构

作箱上的操作。

1. 自动控制功能

（1）系统根据工况设定以及时间、水位、煤矿用电负荷等参数，自动开启、停止水泵的运转，并能实现泵阀的连锁启动，对运行中的各种参数进行实时控制，通过接口向上传送数据。

（2）地面计算机统计每天矿井的用电负荷情况，确定用电高峰、低谷时间，并将参数传给本系统控制主机，或在本机上根据统计出的时间进行设定。

（3）根据所监测的水位信号，设定低水位、高水位和上限水位信号。

（4）每台水泵可以在本机上或地面主机设置运行、备用和检修 3 种工作方式。当水位达到高位或不在高位而处在用电低谷时间内，自动启动运行泵，当水位达到高位或不在高位而处在用电高峰时间时自动停泵。当水位到上限水位时，自动运行“运行泵”及“备用泵”，直到水位低于高位时停止“备用泵”，只运行“运行泵”；当水位达到低于或不在高位而处于用电高峰时间内时自动停泵。

（5）系统可自动或手动选择“备用泵”的循环启动和停止。

（6）本机工作方式转为“地面控制”时，各水泵由地面主机控制。

（7）当运行的水泵出现轴承超温、开关柜故障、流量不够时，自动停止运行，并提示、报警。

2. 手动控制功能

系统采用手动操作时，由工作人员根据生产需要以及设备状况，操作控制箱上的按钮完成设备的启动、停止。

3. 单机自动控制

地面监控主机将工作方式切转到单机自动时，可在地面监控主机上单独控制系统中的

各设备。此时各分站仍处于自动状态，当保护信号动作时仍报警停机。

4. 就地紧停功能

不论在何种控制方式下，均可通过紧急停止按钮来停止运行该设备。

5. 参数设置

用户可在现场通过面板上的键盘对系统参数进行修改。

6. 组网功能

通过交换机与全矿生产自动化系统连接。

7. 水泵运行统计

在地面控制站上可分别对每台水泵的运行电耗、工作时间等进行统计，便于管理人员及时掌握每台水泵的工况。

8. 图形曲线显示

在地面控制站上可实时显示各设备运行图，并提供开放式的图形制作软件，用户可描绘各种动态图形、静态图形，同时支持多种图形格式。图形画面具有链接功能，可以很方便地切换其他画面显示。可显示实时曲线、历史曲线和具体数据表。

9. 实时报警/报警记录

在现场 PLC 控制器上可汉字显示各故障信息并报警，在地面控制站上可显示现场单元当前的报警信息以及保存的报警记录。

3.6 井下带式输送机集控系统

3.6.1 系统需求

带式输送机和刮板输送机、转载输送机已成为煤矿生产中非常重要的运输设备，它们能否安全高效地运行，直接决定着矿井机电设备的开机率和产量。老式的输送带传输方式，采用继电控制，每条输送带可以独立控制开停，但是系统分散，控制的灵活性差，且各输送带的配置差异较大；并且需要人工操作，操作人员劳动强度大，运行效率低，易引起操作失误；造成设备损坏，甚至人员伤亡，给煤矿生产带来重大的损失。为此，实现带式输送机的集中控制非常必要。

实现带式输送机的安全高效运行，不仅要有单部带式输送机（设备）的独立控制分系统，更需要能够控制和协调指挥各分系统的主控机，对主煤流集中控制、地面调度监测监控等环节进行组网控制。这种以“地面控制为主，井下监控为辅”的控制模式是带式输送机集中控制发展的重要方向。

3.6.2 系统构成和方案

井下带式输送机集中控制系统，采用计算机分散式控制（DCS），其控制系统由地面监控中心、井下中心站、控制分站和通信网络组成。地面控制中心由 2 台 IPC 工业控制计算机、打印机等组成。在地面控制中心，2 台计算机采用冗余技术，互为备用。井下控制分站采用可编程控制器为核心的隔爆兼本安型自动化控制装置。

根据信号传输方式和控制方式的不同，井下带式输送机集中控制系统主要有 Profibus 总线方式、工业以太网方式、现场总线 + 工业以太网网络方式 3 种。

3.6.2.1 Profibus 总线方式

在地面控制中心设置控制主站，采用大中型 PLC 系列，网络选用开放的 Profibus 现场

总线，控制距离大于 1000m 的 2 个控制站间要加中继器或者光纤链路模块，带式输送机头设置控制设备分站，负责现场的信号采集与现场的实时控制。带式输送机集中控制及监测系统 Profibus 网络配置图如图 11 - 3 - 9 所示。

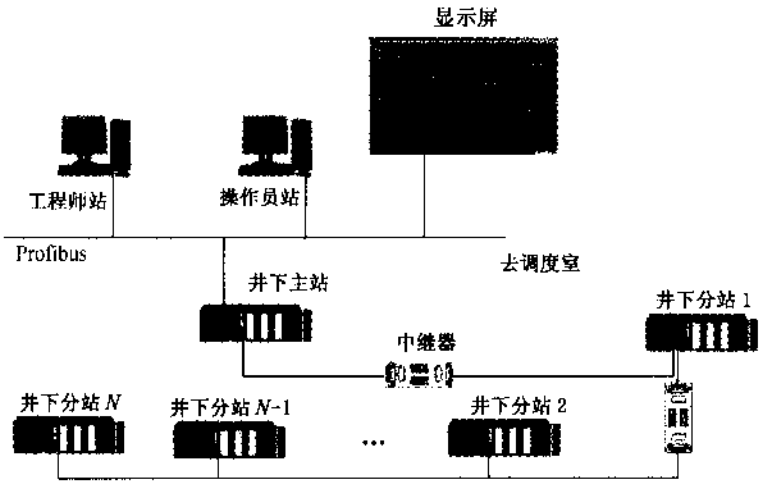


图 11 - 3 - 9　带式输送机集中控制及监测系统 Profibus 网络配置图

监控网络实施后，操作员可在中控室终端监视控制带式输送机生产过程，完成对带式输送机生产及相关环节的“遥测、遥信和遥控”，实现矿井带式输送机生产系统的综合化。

3.6.2.2　工业以太网方式

系统的控制方案是 PLC 主控站 + 人机界面操作屏，系统主要由控制中心、传输网络和井下控制器等组成。由 PLC 主控站完成对现场设备的监控，现场总线通过智能网关分站或增加 PLC 网络通信模块接入井下工业以太环网，通过网络和地面调度指挥中心工作站相连，管控服务器通过以太环网及 OPC/DDE/FTP 接口协议与集中控制系统相连。带式输送机集中控制及监测系统工业以太网络配置图如图 11 - 3 - 10 所示。

3.6.2.3　现场总线 + 工业以太网网络方式

井下主要设备包括：井下控制主站、井下控制分站、网络通信系统。其中井下控制部分由隔爆兼本安型自动化控制装置和保护传感器等组成。

与 Profibus 总线方式和工业以太网方式相比较，此方式利用网络结构中的现场总线网络作为井下带式输送机控制系统的底层网络，实现带式输送机及相关设备的实时控制及信号采集。采集到的信号通过网关接入工业以太网，实现和地面调度指挥中心的控制中心工作站连接通信，实现远程集中控制。在此种方式下，接入网关可完成不同子系统现场总线网络的信息接入，通过对各子系统数据格式和通信协议的分析，并转换成网络数据包的形式在工业以太网中传输，实现异构系统间统一的信息标准，实现信息共享交换。除此之外，接入网关可兼容多种现场总线网络，使整个带式输送机集控系统具有很强的兼容性和扩展性。

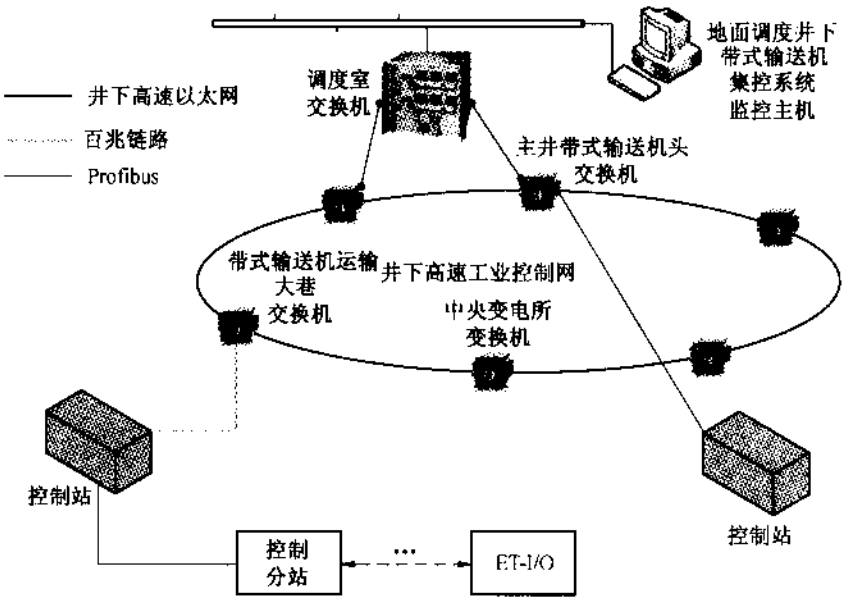


图 11-3-10 带式输送机集中控制及监测系统工业以太网络配置图

3.6.3 系统功能

1. 总线方式和工业以太网方式的带式输送机控制系统功能

(1) 系统结构形式：采用以太网或标准现场总线与上级系统连接，支持 OPC 接口协议；本系统内（主控与各传感器及执行器之间）采用标准现场总线或专用总线方式连接。

(2) 主控设备：采用接嵌入式计算机技术、PLC 技术，具备图形显示功能、数据存储功能，并支持现场修改配置。

(3) 控制策略：支持上级系统的分级控制模式；可自行组织并提供本系统的关键数据，接收、执行上级系统命令并返回执行结果；本系统内采用分散控制策略；支持远程集群控制、本地流程控制、单台设备控制等多种操作方式。

(4) 完备的保护功能：可对各保护传感器的动作定位；可监测关键机电设备的运行参数及本系统重要设备的运行状态。

(5) 编程方式：根据工艺过程，以所控设备为对象进行配置、组态，无需编制专门程序。

(6) 支持多种电机驱动方式的控制。

2. 现场总线 + 工业以太网网络方式带式输送机控制系统功能

(1) 系统结构形式：无对上级系统接口或具备简单网络/串行数据接口，可配置上位机丰富的显示和存储功能，该系统采用控制器—端口实线方式连接。

(2) 主控设备：本安型 PLC、本安型专用控制器、隔爆型 PLC、隔爆型专用控制器。

(3) 控制策略：针对端口的集中控制方式，具备远程、就地、检修等多种操作方式。

(4) 完备的保护功能：具有一定模拟量输入，可检测少量关键机电设备的运行参数。

(5) 专业人员通过编程工具，进行面向端口的底层程序编制。

（6）支持多种电机驱动方式的控制。

3. 故障自诊断功能

（1）网络故障自诊断。

（2）PLC 故障自诊断。

（3）传感器和信号线故障诊断。

4. 多功能显示

（1）工况图显示。工况图动态显示整个系统带式输送机、给煤机、转载机运行的工况，以及主要保护、煤炭产量（需配备相关称重设备）的有关参数信息。

（2）信息图显示。实时显示带式输送机、给煤机状态和煤仓煤位高度，如带式输送机开停状态、检修状态及运行速度、拖动电机电压、电流、开机时间、停机时间等参数。

（3）故障及保护显示。

5. 控制模式

（1）地面集中控制（远控）。这种方式下，操作人员只需在地面控制中心操作键盘或鼠标，控制井下各带式输送机和给煤机的启、停以及故障解除等，并且通过计算机语音系统发布开车提示命令。

（2）人工就地控制（就地）。日常检修或故障处理以及有特殊需要时，操作人员可分别在各带式输送机机头通过矿用隔爆兼本安型可编程控制器控制带式输送机的启、停。

（3）检修。检修状态下，由现场操作人员在各设备的就地操作箱上操作（不经过 PLC 系统），启、停单台设备以便检修。

（4）后部闭锁。利用 PLC 带式输送机集中控制系统采集现场设备状态数据，实现连续转载机“顺煤流开车、顺煤流停车”，节约电能，降低维修成本，实现“可视化”管理，达到安全、高效运转。

3.7　辅助运输综合监控系统

3.7.1　机车运输综合监控系统

3.7.1.1　系统需求

现在我国的煤矿机车运输监控系统种类较多，但从系统角度来看，目前主要分为两大类：一是采用集散式结构（DCS）的控制方式，二是采用 PLC 可编程控制器的集中控制方式。在基于集散式结构（DCS）的煤矿轨道运输综合监控系统中，利用通信电缆将所有控制分站连接，控制分站可在设备集中处安装；系统供电采用干线或就地供电，无须集中供电，可节省大量的控制和电源电缆；系统维护方便，即使局部控制分站“瘫痪”，也不影响其他控制分站的正常工作，特别适用于设备分散的工业控制系统。PLC 可编程控制器系统所采用的控制方式为集中控制，是通过建立 PLC 控制分站挂接远程 I/O 模块而构成的控制系统。该系统在控制对象比较集中时优势突出，在控制范围广且设备分布较分散时，PLC 可编程控制器系统采用远地扩展 I/O PLC 实现系统功能，但这样势必增加电缆投资，并且采用 PLC 系统，庞大的继电器柜内连线复杂，存在大量动触点，维护量大，存在安全隐患。

在煤矿机车运输监控系统技术中，安全的关键在于机车的准确定位，在定位传感器选择上主要有四大类。一般选用轨道计轴传感方式，这种方式既能进行机车位置判断，也能

检测车速、运行方向、车皮数等信息，使系统级的连锁运算更加严谨、可靠，是推荐采用的方式。

煤矿机车运输监控系统未来的发展趋势是向分布式连锁控制、网络互联拓展（如与工业以太网互联）、信息共享等方面发展，使得系统的反应速度更快、安全程度更高，并且可以与其他系统联合进行网络建设，减少系统投资。

3.7.1.2. 系统构成和方案

煤矿机车运输监控系统现场设备主要由主控计算机、图形显示器、管理计算机、智能通讯器、控制分站、轨道计轴器、井下收发讯机、动态信号机和电动转辙机等组成。煤矿机车运输监控系统构成如图 11－3－11 所示。

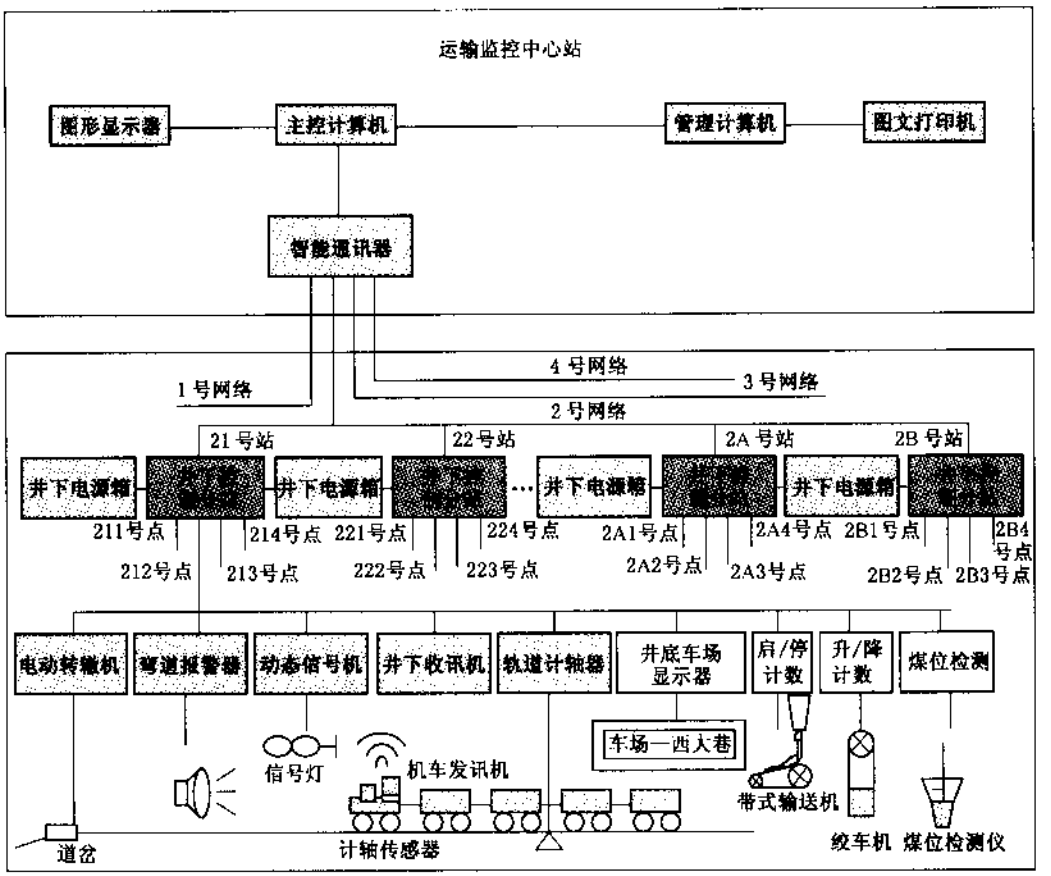


图 11－3－11 煤矿机车运输监控系统构成

图 11－3－11 所示的煤矿机车运输监控系统网络为多层总线星型混合结构的二级网络，主控室可根据用户选择设在地面或井下（高瓦斯矿井必须设在地面），主控室内采用专用工业控制计算机作为主控连锁调度机。从主控室可以引出多路网络通信电缆通往井下，每根网络通信电缆上挂接控制分站，控制分站直接管理传感设备和执行设备。控制分站由工业级 32 位单片机作为核心控制器，具备分布运算控制能力。每台控制分站可用来管理 4 组以上测控设备，每组测控设备可以包括 1 对计轴传感器、1 台收讯机、1 台信号

机和 1 台电动或气动转辙机，控制分站由专用电源箱提供工作电源。系统主要设备包括：

1. 主控计算机

（1）正常情况下，主控计算机自动调度指挥列车运行，必要时调度员可随时通过系统提供的各种方式进行人工干预。

（2）系统管理员可通过该计算机输入，修改调度方案及其他系统参数。

（3）调度员和系统管理员通过该机可以模拟现场各种车辆的运行情况。

2. 图形显示器

（1）可由计算机液晶显示器、等离子电视、大屏幕系统等组成。

（2）模拟显示所控区域轨道分布图，并在图上显示列车占用情况，车行方向；显示车号、信号机状态、道岔位置、过轴点和收到车号位置。

（3）通过鼠标在模拟图上选择各种设备进行控制和查询操作；显示人工模拟的车辆运行状况和测控设备状况。

（4）根据控制范围的大小，可采用单屏模拟图或多屏组合模拟图显示。

3. 管理计算机

（1）备份运行过程数据，生成各种统计报表。

（2）进行历史记录数据重演回放显示，使事故分析一目了然。

（3）通过管理计算机系统，维护人员可随时对现场所有设备进行监测，可在不影响系统工作的情况下进行设备维护工作。

（4）管理计算机可将系统数据上传到办公管理网络，实现信息共享。

4. 智能通讯器

（1）实现主控机与远地控制分站的数据通信，可以通过串口直接与主控计算机通信，也可以通过以太网与主控计算机通信。

（2）用安全栅将现场与主控机相隔离。

（3）监视主控机和远地控制分站工作状态，任一控制分站设备通信中断均能报警。

（4）从通信站面板的指示灯可直接观测到通信站与主控机、通信站与各网络远地控制分站的通信状况，维护人员据此直接进行故障定位，提高维护工作效率。

5. 控制分站

（1）直接通过网络与主控机通信。

（2）采集检测设备发来的信息，整理后发送给主控机，同时接收主控机发来的控制命令，控制执行设备。

（3）控制分站可管理计轴器、信号机、收讯机和转辙机。

（4）输出或检测电平、脉冲、编码、频率信号。

（5）能检测输入输出口的短路、开路、漏地情况，并报告主控机。

6. 轨道计轴器

（1）安装在轨道上，以无接触传感方式对通过的车轮进行检测，判定车位。

（2）经控制分站软件运算能检测通过的列车轮对数，判定列车运行方向及速度。

7. 井下收、发讯机

（1）发讯机安装在机车驾驶室内，收讯机安装在巷壁上，两者配合使用。

（2）发讯机通过发射天线定时发出车号、车类、请求等无线电信息。

(3) 司机能用发讯机请求开放进路，即直行、左行或右行等请求。

(4) 收讯机收到发讯机发出的信息后传给控制分站。

(5) 发讯机电源可由架线电机车或电瓶车经逆变电源变换后供给，供电电源为24V直流电源。

8. 动态信号机

(1) 采用彩色动态显示，能直接指示列车的运行方向，具备声音提示功能。

(2) 具有可编程的显示方式，包括直行、左行、右行、倒车、谨慎行驶等。

9. 电动转辙机

(1) 具有挤岔保护、过载保护、动作时间保护功能。

(2) 具有计算机、本机、远地和手摇转换多种控制方式，并且互相间有闭锁。

3.7.1.3 *系统功能*

矿井机车运输监控系统依靠安装在轨道沿线的传感设备检测车辆的运行状况，由调度计算机根据机车的运行任务情况，自动通过转辙机设备为机车选择进路，并通过信号机指挥司机进行驾驶操作，从而达到保障运输安全、提高指挥效率、增加经济效益的目的。系统主要功能如下：

(1) 可视化监测功能。在计算机终端和图形显示设备上以汉字、模拟图和表格等形式实时显示列车位置、车号、运行方向、车皮数及信号机状态、道岔位置、区段占用等运行状态信息。

(2) 调度功能。调度车辆实现安全、高效运输，可以按当班调度员指定的运行计划，自动地指挥列车安全运行；也可由调度员视列车运行情况随时分区段和进路调度车辆。

(3) 故障诊断功能。能随时反映系统内设备和传感器的工作状态，能自动进行故障诊断并完成报警、处理或告警后由值班人员处理。

(4) 重演功能。能连续记录系统运行情况，并根据记录的运行数据在显示设备上以随意速度重现指定时间内实际运输过程，为分析事故原因、改进调度策略提供依据。

(5) 信息管理功能。可以对车皮进行自动统计管理及生产任务统计管理，并生成各种相关的生产管理报表。

(6) 远程浏览功能。远程计算机可以在授权的条件下通过接入Internet，浏览本系统的监控画面。

(7) 远程诊断与维护功能。远程计算机可以通过Internet，在不影响系统运行的情况下对系统进行诊断和维护。

(8) 弯道报警功能。在巷道口、硐室口、弯道等必需地段配置弯道报警装置，当机车行进至该路段时，能够发出声光报警，提醒机车司机和行人注意。

(9) 分区自动供电功能。在车场等必需地段配置架线停送电装置，在需要时方对相应地段架线送电，保障机车及行人安全。

3.7.2 无轨胶轮车运输综合监控系统

3.7.2.1 *种类分析*

现在我国无轨胶轮车运输综合监控系统种类不多，目前主要是采用无主控制方式和集散式结构的控制方式。在基于无主控制方式的无轨胶轮车运输综合监控系统中，根据胶轮车的运行特点，脱离集散式结构中由主控机高度集中调度模式，在胶轮车各运行区间由各

控制站来完成机车全自动调度运行。正常运行时不需人工干预，各控制站可根据机车当前的运行位置，综合考虑周边机车的运行状况，自动发出控制命令，指挥机车的运行，确保行车安全，提高生产效率。

3.7.2.2 系统构成及方案

无轨胶轮车运输综合监控系统主要由地面监控主站、通信接口、车辆调度控制分站、车辆位置识别分站、矿用机车位置传感器、矿用本安型信号机、矿用车辆用识别卡、本安电源等组成。

系统使用 RFID 技术获取井下车辆的位置、行进方向等车辆行驶信息。车辆安装射频标识卡，与巷道沿线的车辆位置识别分站进行双向数据通信，上传车辆信息。车辆调度控制分站对车辆信息进行分析处理，按照车辆的位置、方向、数量等信息进行决策，控制信号机信号，实现自动调度控制功能。车辆调度控制分站将实时信息发送到地面监控主机和其他分站。实时信息传输至地面，系统软件将实时显示当前信息并保存，能够查阅历史数据，重演车辆运行的历史轨迹。调度室可以根据现场情况通过监控主机向车辆调度控制分站发布调度指令，实现手动集中调度。

系统中的车辆安装标识卡或镶嵌有标识卡的柴油机车保护监控仪。系统通过柴油机车保护监控仪检测车辆运行状况，并将车辆的速度、水温、油温、排温、水位、油压等测点信息通过射频通道、CAN 总线通道实时传到地面，有效地制约了驾驶人员违规操作，也为车辆维护提供了依据。系统主要设备包括：

1. 监控计算机

（1）正常情况下，显示胶轮车的运行位置、方向、车号及信号机当前显示状态、各设备工作状态等信息。

（2）特殊情况下，调度员可通过人工调度手段，通过主机的系统软件发送调度命令，指定区间车辆上行或下行的优先顺序，井下调度控制分站按照现场情况发送控制命令，实现地面调度。

（3）数据存储、查询、报表打印和历史重演回放显示功能。

（4）具有网络通信功能，可方便地接入全矿井综合自动化系统，与其他系统交换信息。

2. 通信接口

（1）实现监控计算机与车辆调度控制分站的数据通信。

（2）协议转换。

（3）将现场设备与地面监控计算机安全隔离。

3. 车辆调度控制分站

（1）自动完成车辆运行调度。

（2）实现与监控计算机的信息交换。

（3）采集其他车辆调度控制分站及本分站挂接的车辆位置识别分站的信息。

（4）管理控制信号机的显示。

4. 车辆位置识别分站

（1）采集矿用车辆用识别卡发来的机车车号、类型、机车工作状态参数（车速、油温等）及电池供电状态等信息。

（2）采集矿用机车位置传感器当前的状态。

（3）实现与车辆调度控制分站的信息交换。

5. 信号机

（1）彩色动态显示，指示机车的运行方向。

（2）显示本信号机的通信状态。

（3）图形显示格式可编程，根据命令灵活改变。

6. 矿用车辆用识别卡

（1）发出机车的车号、类型、机车工作状态参数（车速、油温等）及电池供电状态等信息。

（2）接收车辆位置识别分站相关信息。

3.7.2.3 系统功能

（1）车辆位置识别功能。

（2）车辆运行状况监测功能。

（3）井下交通自动调度功能。

（4）系统具备人工调度优先的功能。

（5）可视化监测功能。

（6）故障诊断功能。

（7）具有数据存储、查询和历史重演功能。

（8）系统具有网络通信功能，可方便地接入全矿井综合自动化系统，与其他系统交换信息。

3.8 计算机自动化配煤装车系统

3.8.1 需求分析

传统手动配煤中，各产品仓下采用振动给煤机控制给煤量，装车人员在操作台上控制给煤机的开停，同时装车人员通过在线测灰仪观察装车产品的灰分等质量指标，现场工人根据装车调度室通知，人工调节给煤机频率来调节各给煤机的给煤量大小。由于各煤种的灰分和给煤机的煤量是变化的，所以装车配煤的产品煤质也是经常变化的。显然，靠人工控制给煤机开停和人工调节各煤种煤量，无法有效保证配煤产品的质量稳定。

同时，传统的传送配煤的输送带没有相应的保护装置，主要通过在配煤时看仓工作人员来观测输送带的运转状况。随着新煤仓的建立，新给煤机的增加，传送配煤的输送带长度相应的加大了，依靠看仓工作人员在如此长的距离观测输送带运转状况是很困难的，很难及时发现输送带在运煤的过程中出现的堆煤、跑偏、撕裂等问题，存在着很大的安全隐患。

上述问题造成了灰分偏差、产率偏低、浪费严重和安全生产系数低的不良后果，不仅影响了信誉，同时也给矿井生产带来了巨大的损失。

为了解决目前配煤系统出现的各种问题，实现高效、稳定和安全配煤装车，迫切需要实施先进的计算机自动化配煤系统。

3.8.2 系统构成和方案

3.8.2.1　系统结构

计算机自动配煤系统的原理：基于装车输送带末端的灰分仪给出的实时在线灰分数据和皮带秤的流量，根据约束条件和目标灰分，建立合理的数学模型，动态优化配比，采用先进的模糊控制理论，闭环控制，用给煤机的台数进行粗调，用变频调速技术来细调，使实际灰分和目标灰分最大限度接近，从而使配煤更加稳定、可靠和准确；同时采用基于PLC 的滞煤控制子系统，实现当给煤机运行时，破拱器延迟一段时间后，按照设定的数目同时打开，达到配煤的效果。配煤工作的自动运行，减少人员的参与，提高装车的速度和安全性，改变过去人工配煤的落后方式。

计算机自动配煤装车系统采用现场总线连接 PC 和控制主站、控制分站、变频器等，形成一个能组态运行、操作等功能的完整的控制网络系统。其系统结构如图 11－3－12 所示。

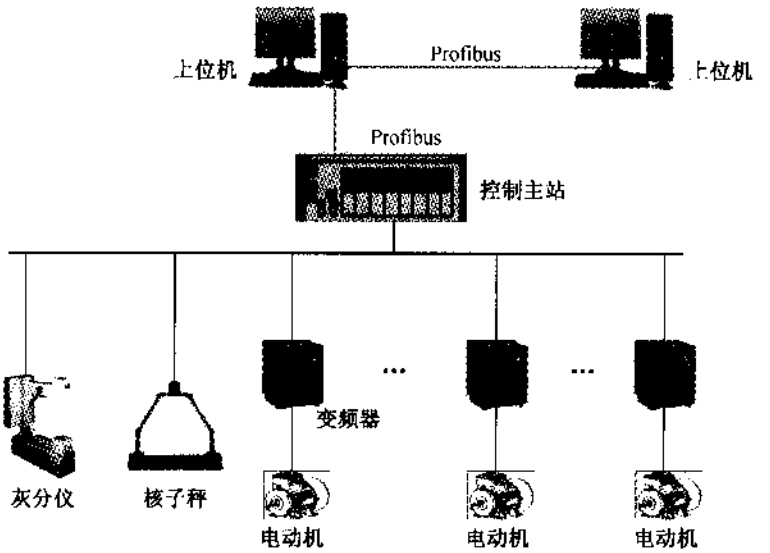


图 11－3－12　计算机自动配煤装车系统结构

3.8.2.2　系统特点

（1）配煤设计思想：通过自动切换给煤机和调节给煤机变频器频率作为控制配煤煤种给煤量的调节手段，以在线灰分仪的灰分或发热量作为主要控制目标，以各配煤煤种的煤量作为辅助反馈参数。

（2）采用基于工业网络的分布式控制系统结构，保证系统结构的可扩展性，后续增加的有关测控模块、变频器等可以作为“接点”方便地挂接到系统网络上。

（3）建立开放性的软件平台和接口。应用软件采用“组态”方式编制，可以在很少的软件改造工作情况下，完成扩充后的系统功能。

3.8.2.3　配煤控制系统操作控制模式

就地开停车：人工操作装车室操作柜上的操作按钮，通过中间继电器、接触器等对给煤机、输送带等进行直接操作。

手动集控开停车：人工操作工控机画面，经过工控机和 PLC 对装车设备进行开停车

操作。

自动集控开停车：在配煤设备与参数预先设置情况下，工控机经过 PLC 自动对装车设备进行开停车操作。

配煤系统设备顺序开停车及保护等主要由控制分站集控系统或就地人工操作来实施。当采用就地操作时，操作者主要根据现场显示的操作要求和指导来实施。

3.8.2.4 配煤控制方法及影响因素

（1）2 个品种配煤时，可以基本固定一个品种煤的流量，调节另一品种煤的流量。例如需要配低灰分的煤，因为洗末煤的灰分接近目标灰分，所以它应占的比例大，相应筛末煤所占比例小，这样可以固定洗末煤流量，通过调节洗末煤仓的给煤量，实现配煤。由于筛末煤仓的给煤量需要得较小，所以易于调节。

（2）要考虑装车输送带上的煤流量，以保证装车速度和避免过载。

（3）考虑有关产品仓仓位数据，以保证换仓操作的连续性和稳定性，并保证具有足够的煤量来满足配煤要求，防止有的仓空、有的仓满而影响生产设备的安全高效运行。

（4）各煤种配置称重装置时，可以实施煤量配比补偿调节，减小系统滞后，改善煤流量变化所引起的灰分波动。

（5）配煤技术人员通过配煤参数设定界面，向计算机录入如下有关参数：配煤控制方式（手动或自动）、配煤产品要求灰分、各产品仓煤的技检灰分（范围）、各产品仓仓位（对监测仓位值可进行修正）、各给煤机的基本额定流量等。或者预先人为制定参与配煤的煤仓。

（6）计算机自动设置有关计算参数和配煤策略，包括各给煤机开/停命令（选定哪个煤仓参与配煤及给煤机开启台数）、各煤仓的给煤量是否固定、有关变频器的初始频率（或给煤机初始流量）、各变频器的设定频率、配煤产品灰分等。

（7）计算机给出配煤策略和参数后，配煤技术人员可对其进行评定，并在此基础上进行修正、调整与确认。

由于装车煤的质量考核依据是各车皮平均采样混合后的样本的化验值，所以，平均灰分或平均发热量是装车质量的衡量标准。没有必要严格保证时时刻刻的装车煤的灰分或发热量都必须与目标相吻合。

3.8.3 系统功能

系统建成后，整个系统可以达到以下功能：

（1）装车设备开、停及保护的集中控制；

（2）通过配煤控制系统，可实现装车配煤设备的自动开、停及闭锁控制，并可实现就地手动操作与系统自动操作的集中切换；

（3）调度室和就地控制室可进行配煤参数设定及配煤策略计算，并可通过配煤系统实现手动和自动配煤，也可通过现场控制柜对变频器直接进行操作；

（4）利用灰分仪、料位计、皮带秤等检测到的数据，结合人工调节规律，系统可实现基于在线灰分闭环控制的自动配煤装车；

（5）结合各种传感器设备实现对配煤装车过程中传送带的保护。

对于自动配煤控制室上位机，可达到以下功能：

（1）监测和显示各设备运行状态；

（2）监测和显示灰分仪的瞬时和累计的灰分和发热量；

（3）监测和显示核子秤的瞬时称重和累计称重；

（4）实时显示变频器工作频率；

（5）按生产工艺流程实现各设备启停车（手动或自动）；

（6）设定变频器频率；

（7）配煤控制方式选择（手动或自动）；

（8）给定配煤煤种；

（9）设定配煤产品目标灰分；

（10）实时显示设备故障并给出声光报警信号，同时通过下位机 PLC 闭锁流程中有关设备；

（11）记录各项配煤参数的历史记录。

自动配煤系统实施后，可以增加选煤厂配煤品种，提高产品质量稳定率。

3.9　主要通风机在线监测系统

3.9.1　主要通风机在线监测系统组成

主要通风机在线监测系统的硬件主要由监测计算机、压力传感器、温度传感器、CO 传感器、瓦斯传感器、风门传感器、综合电量模块、通风机在线监测柜等组成。主要通风机在线监测系统组成示意如图 11－3－13 所示。

（1）每台通风机安装一台温度巡检仪，主要用来采集电机的前、后轴承温度、电动机定子温度、支撑轴承温度等，温度巡检仪数据通过 RS485 接口与通风机监测柜内 PLC 之间进行通信。

（2）电动机电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率等电量参数由综合电量采集装置采集，采集数据通过 RS485 接口与通风机监测柜内 PLC 之间进行通信。

（3）通风机静压、通风机全压、风门开闭信号、瓦斯传感器、CO 传感器等监测参数由 PLC 的 AD 模拟量模块采集。

（4）通风机在线监测柜内部安装有 PLC 的 CPU、模拟量采集模块、通信模块、开关电源、继电器、温度巡检仪。

（5）主要通风机监测柜内 PLC 自带工业以太网接口，可就近接入矿井工业以太网平台。

（6）监测室计算机负责所有数据的采集、显示、存储、上传、报警、报表打印等。

3.9.2　在线监测系统功能

（1）监测主要通风机、电动机的运行状态。

（2）监测电动机的轴承温度、电动机定子温度。

（3）监测风道气流的静压、全压、风量、风速、温度。

（4）监测风流中瓦斯浓度、CO 浓度。

（5）监测电动机的电压、电流、频率、有功功率、无功功率、功率因数、有功电度、无功电度。

（6）实现电动机轴承温度、电动机电压、电动机电流、风流中瓦斯浓度、静压、全压、超限时实时报警，并提供历史报警信息的查询并打印，可由用户设置报警上下限。

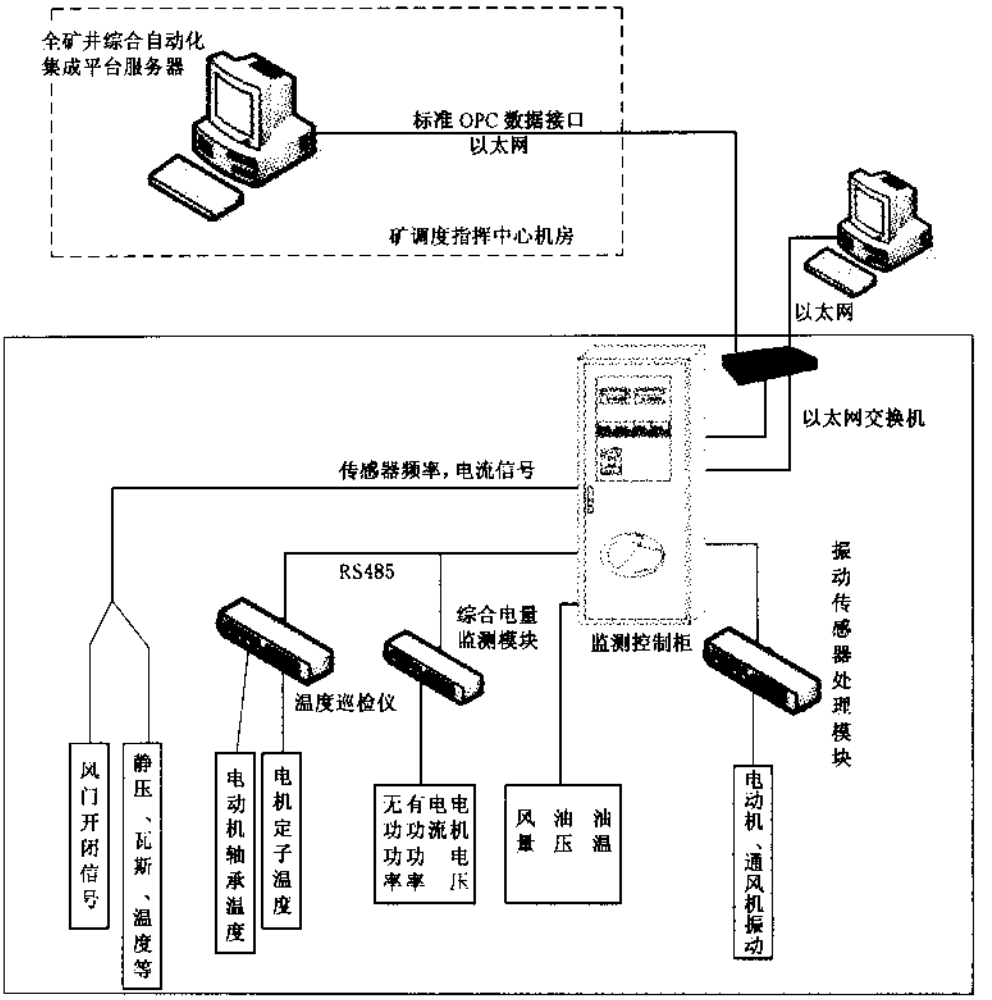


图 11-3-13 主要通风机在线监测系统组成示意

（7）可绘制电动机轴承温度－时间、通风机轴承温度－时间、电动机电压－时间、电动机电流－时间、电动机功率－时间、风流瓦斯浓度－时间、风道全压－时间、风道静压－时间、风道风量－时间、风道风速－时间、通风机效率－时间、通风机工作工况曲线图。

（8）可实现对电动机轴承温度、通风机轴承温度、电动机电压、电动机电流、电动机功率、风流瓦斯浓度、风道全压、风道静压、风道风量、风道风速、通风机运行状态、电动机运行状态、通风机效率等参数的历史数据查询。

（9）所有监测数据保存于监测室中心站计算机上，并实时显示，同时在通风机房工作站计算机上实时显示各主要监测参数，实现监测数据远程信息共享。

（10）提供程序及数据安全管理功能，不同的用户可设置不同的权限，防止未授权用户修改监控系统参数，授权用户可以远程/本地修改监控系统参数。

（11）通风机在线监测子系统就近接入环网交换机，通过工业以太网快速接入全矿综合自动化平台，提供 OPC 接口与自动化平台无缝连接。

3.10　压风机监控系统

3.10.1　压风机监控系统的组成结构

压风机监控系统结构原理如图 11－3－14 所示。

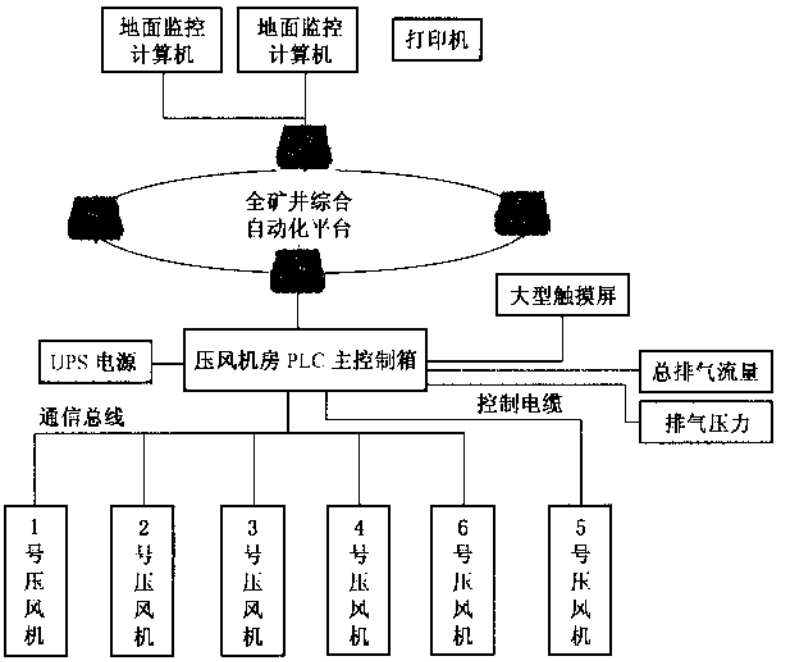


图 11－3－14　压风机监控系统原理

3.10.2　功能简介

（1）可以监控压风机排气压力、排气温度、管道流量、管内压力、压风机电压、电流等参数，将数据实时传输到地面计算机监控中心，并提供以上数据的历史数据查询、报警信息查询及报表打印功能。

（2）能够对压风机等设备进行控制。

（3）能够在线显示压风机风量曲线、压力曲线、温度曲线等，以观察它们的变化趋势。

（4）可以查询过去所有的或某段时间内的已记录的数据并可以进行数据打印。

（5）实时显示压风机电量：电压、电流、功率、频率等实时数据，对电流和功率绘制实时曲线（用户可要求定制），以观察它们的变化趋势。

（6）系统主要依据管网压力来控制空气压缩机，当系统用气量增大导致压力下降或机器出现故障时，可自动开启备用机；当用气量减少可自动减少运行的机器台数，避免不必要的电能损耗。

（7）经过设定时间后，自动切换主备机，自动平衡各机组的使用时间，提高机组寿命。

（8）在系统出现故障或管网压力低于报警值，且系统的自动调节已无法提高压力时，及时给出报警信号。

3.10.3 系统与综合自动化平台的接入

根据用户要求，在地面调度室机房增加2台上位工控机，一主一备。采用流行的组态软件，实现对PLC控制柜的远程控制，完成对压风机的监测和控制。同时上位机监控软件通过OPC接口的方式为全矿综合自动化平台提供数据接口，将压风机的所有数据信息上传到全矿综合自动化系统平台，实现系统和全矿综合自动化平台的无缝接入。

3.11 生产自动化系统接入

煤矿综合自动化系统的建设，需要确保系统软、硬件平台与各专业子系统进行可靠、实时、高效的信息交互。为此，必须要具备2个条件。首先要实现子系统设备与数据采集服务器之间的物理链路连接，并对交互信息内容、格式进行具体规范描述；同时还要提供灵活、标准、丰富的多种数据交互方式。对于物理链路的连接系统应支持多种较低门槛的接入方式，保证各种不同技术、厂家的自动化子系统能够顺利接入该平台。目前各种在用系统以及在未来一定时期内新开发系统，均可选择一种与之相适应、并易于实现的接入方式。

3.11.1 几种标准通用的数据交互方式

数据实时、动态交互是煤矿综合自动化系统的基本功能之一，目前有多种标准的数据动态交互方式，由建立在物理链路层之上的数据接口标准协议、规范所支持，由综合自动化系统软件平台实施。目前几种典型的数据交互方式如下：

1. OPC方式

OPC（OLE for Process Control）是被工控领域广泛遵循的一种标准，它规范了应用程序与现场设备或数据源之间数据存取的接口协议，它是基于微软的组件技术（COM/DCOM）设计，采用客户/服务器体系结构。它既可存取本地OPC服务器数据，又可存取分布在网上其他节点的OPC服务器，并且具有实时、高效、安全的特点，是目前存取自动化子系统现场数据最理想的方法。

2. DDE/NetDDE方式

NetDDE是基于网络的动态数据交换（DDE）技术，DDE由微软早期发布，解决应用程序之间数据的动态交换，也采用客户/服务器体系结构。它既可存取本地DDE服务器数据，又可存取分布在网上其他节点的DDE服务器。它比OPC在速度和安全性方面要逊色，但对一些动态刷新的自动化子系统，仍不失为一种简单有效的方法。

3. ODBC方式

ODBC是一种基于数据库的数据交互方式，实时性和效率相对较低，由微软发布。自动化子系统或其他信息系统，可将一些对实时性要求不高（如统计等）的信息周期性地按规定的数据结构通过标准的访问数据接口写入指定的共享数据库（如MS Access或MS SQL等）中，综合自动化系统通过数据库接口获取相关信息。目前，国内各类监测监控系统由于都是各厂家自己开发，上位机不支持OPC和NETDDE方式，均可采用这种方式

进行接入。

4. FTP 文件方式

FTP 文件方式是一种基于文件的数据交互方式，实时性和效率相对较低。自动化子系或其他信息系统将实时数据周期性地写入指定的文件中，文件的结构符合统一的信息描述，子系统通过 FTP 上传至采集服务器设置好的 FTP 服务器。目前，国内各类安全监控系统由于都是各厂家自己开发的，上位机不支持 OPC 和 NETDDE 方式，也可采用这种方式进行接入。

3.11.2　自动化子系统接入方式

1. 上位机接入方式

对于已建且相对独立的一些自动化监测监控子系统，特别是较早运行的系统，其底层技术协议难以找到，技术支持不能保证，将采取上位机接入方式，通过其以太网接口（如没有，则增加通信网卡支持），与附近的硬件平台环网交换机进行物理上的连接接入。对于煤矿专业性较强的子系统（如安全监控、人员监测及瓦斯抽放系统等），多采用此种接入集成方式。

采集服务器通过以太环网及 OPC/DDE/ODBC/FTP 接口协议规范与该类型的子系统主机进行数据交互。该方式须具备 2 个条件：一是该上位机具有以太网通信模块；二是配套厂家能支持 OPC/DDE/ODBC/FTP 等方式。

上位机接入方式结构示意如图 11－3－15 所示。

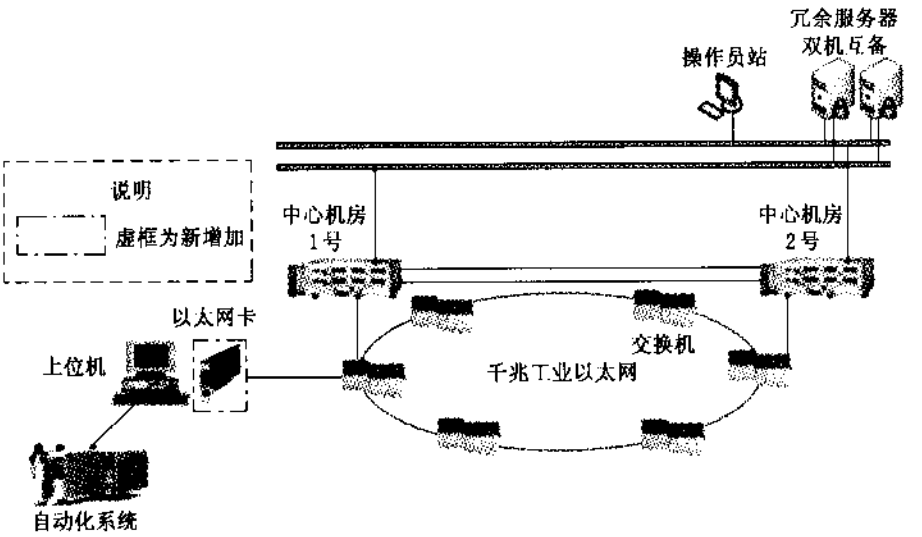


图 11－3－15　上位机接入方式结构示意

2. PLC 接入方式

对于一些自动化控制子系统，多采用 PLC 进行控制。PLC 已具备以太网接口，或具备扩展以太网通信模块的能力，可以对 PLC 增加以太网模块，通过其以太网接口与附近的硬件平台环网交换机进行物理上的连接接入。

采集服务器通过以太环网与 PLC 的以太网接口相连，安装在采集服务器中 PLC 的 OPC Server 与自动化平台中的采集服务器进行信息交互。该方式须具备 2 个条件：一是该

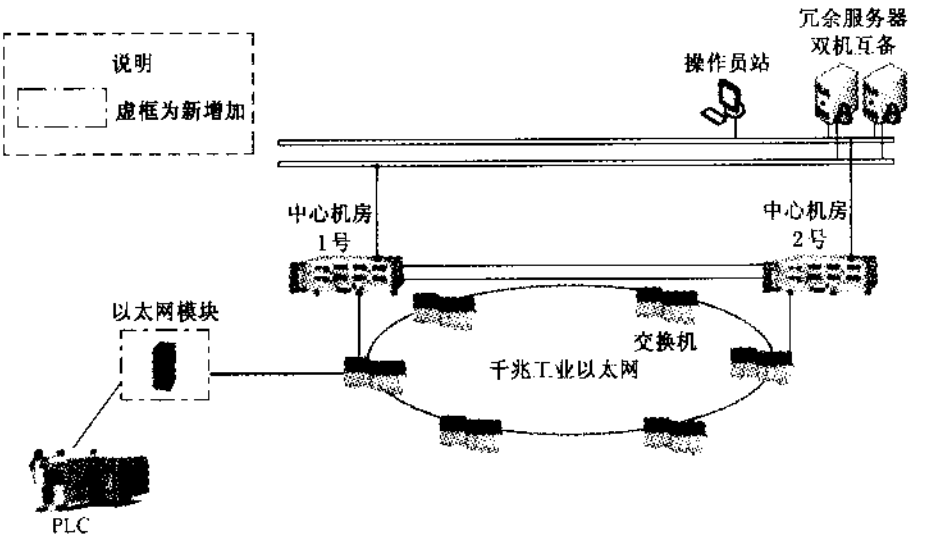


图 11-3-16 PLC 接入方式结构示意

PLC 具有以太网通信模块或可插入以太网通信模块；二是子系统的控制逻辑在 PLC 中，而不是在其上位机中，并且配套厂家提供 PLC 的 OPC Server 软件。PLC 接入方式结构示意如图 11-3-16 所示。

3. 嵌入式控制器接入方式

有些自动化系统采用自主开发的嵌入式控制器作为核心控制器，具有以太网接口，可以通过其以太网接口与附近的硬件平台环网交换机进行物理上的连接接入。嵌入式控制器内置有 OPC/DDE Server，采集服务器通过以太环网及 OPC/DDE Cline 接口协议与该子系统相联。该接入方式须具备 2 个条件：一是该子系统对外有统一的以太网接口；二是配套厂家能提供 OPC/DDE 数据交互方式，其结构示意如图 11-3-17 所示。

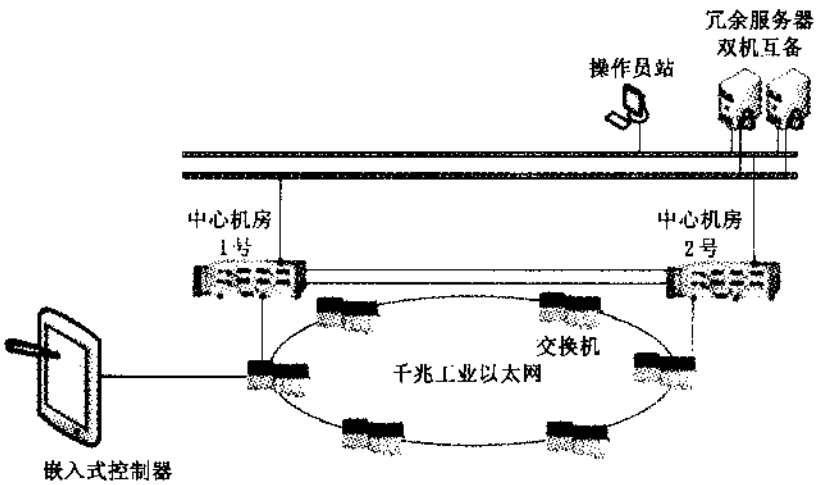


图 11-3-17 嵌入式控制器接入方式结构示意

4. 扩展接入方式

有些自动化系统不仅没有以太网接口，而且也没有上位机，但该系统支持现场总线或具备 RS485/232 串口。对于此类子系统，可以通过增加综合接入网关，进行接口形式、协议转换，将这些接口转化成以太网接口，也可直接利用环网交换机的对应总线端口，就近与硬件平台环网交换机进行物理上的连接接入。通信采用 OPC 方式，扩展接入方式结构示意如图 11－3－18 所示。

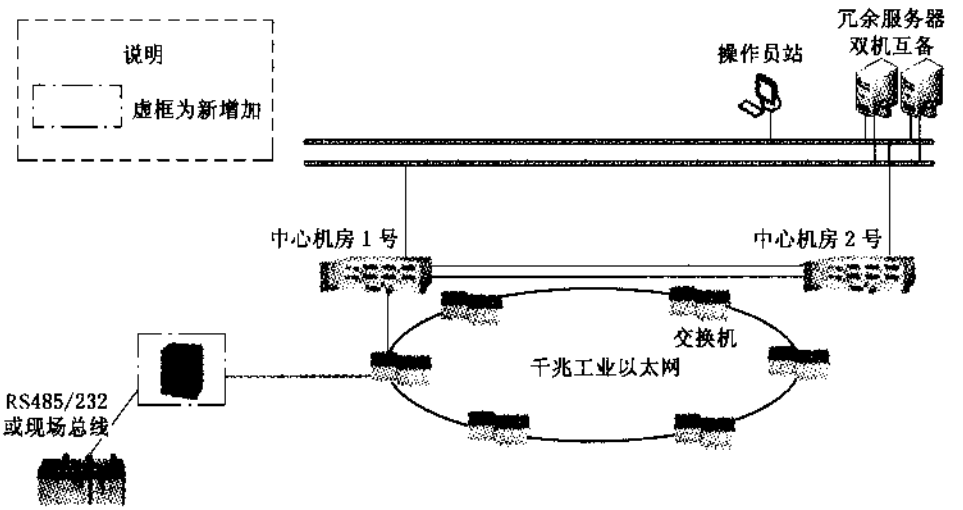


图 11－3－18　扩展接入方式结构示意

4 生产安全监控系统

煤矿生产具有环节多、大型机电设备多、环境条件恶劣等特点，容易出现突发性事故。为了确保煤矿生产安全，提高劳动生产效率，我国各大、中、小型煤矿陆续装备了煤矿生产安全监控系统，大大提高了煤矿安全生产水平和安全生产管理效率，为煤矿安全生产信息化作出了贡献。

煤矿生产安全监控系统是集检测、通信、电子、自动化、计算机等技术于一体的监控系统。它通过检测煤矿一系列环境参数、生产参数、电量参数、人员信息、视频图像等信息，实现必要的报警及控制，为安全生产决策提供技术保障。煤矿生产安全监控系统主要包括煤矿安全监控系统、瓦斯抽采（放）监控系统、火灾监控系统、水灾监控系统、顶板动态监测系统、人员管理系统、工业电视系统等。

4.1 安全监控系统

4.1.1 分类

煤矿安全监控系统按通信工作方式分为主从式和多主并发式。其中，主从式通信主要有 RS485、CAN、FSK 和 DPSK 等方式；多主并发式通信主要包括工业以太网、MCTP 等方式。

4.1.1.1 主从式煤矿安全监控系统

主从式煤矿安全监控系统一般由传感器、执行器、分站、电源箱、传输接口、主机、打印机、模拟盘、多屏幕、UPS 电源、远程终端、网络接口、电缆、接线盒和其他必要设备等组成，如图 11－4－1 所示。

4.1.1.2 多主并发煤矿安全监控系统

多主并发煤矿安全监控系统一般由传感器、执行器、分站、电源箱、交换机、主机、打印机、模拟盘、多屏幕、UPS 电源、远程终端、网络接口、电缆、接线盒和其他必要设备等组成，如图 11－4－2 所示。

4.1.1.3 主从式和多主式煤矿安全监控系统主要性能比较

主从式和多主式煤矿安全监控系统主要性能比较见表 11－4－1。

4.1.2 关键技术

4.1.2.1 电源

煤矿电源箱提供系统所需的本质安全型直流电源，并提供不少于 2h 的备电时间。为了适应现场长距离工作面的情况，煤矿对电源箱电压输出等级提出了更高要求，目前输出电源已提高至 24V，单台带载能力可保证传感器供电距离达到 4km。

4.1.2.2 分站

分站具有采集传感器数据、根据控制逻辑执行控制或断电、数据处理和传输的能力。在控制上分站是第一道防线，它执行的控制的时延最少，按标准要求少于 2s，所以它的

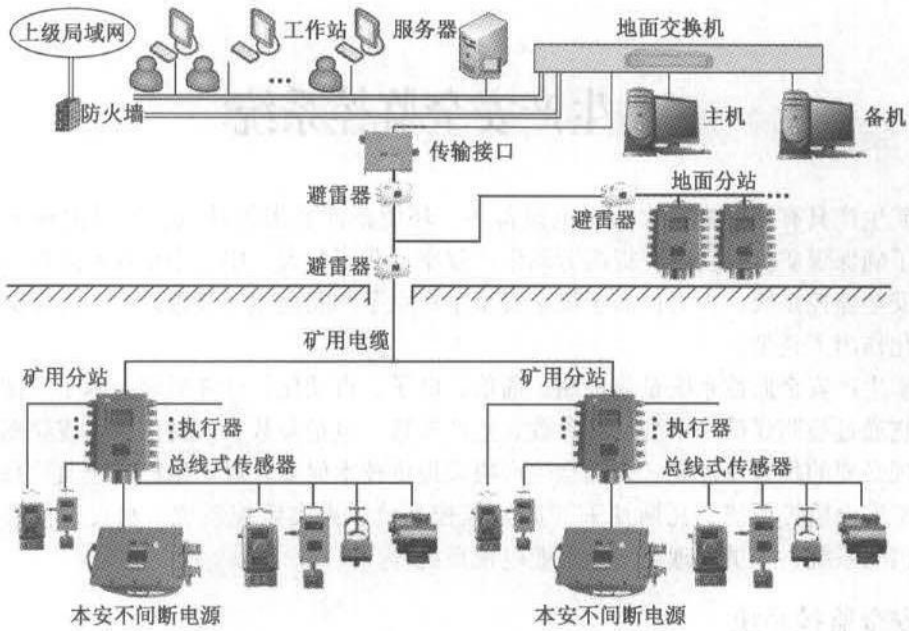


图 11-4-1　主从式煤矿安全监控系统图

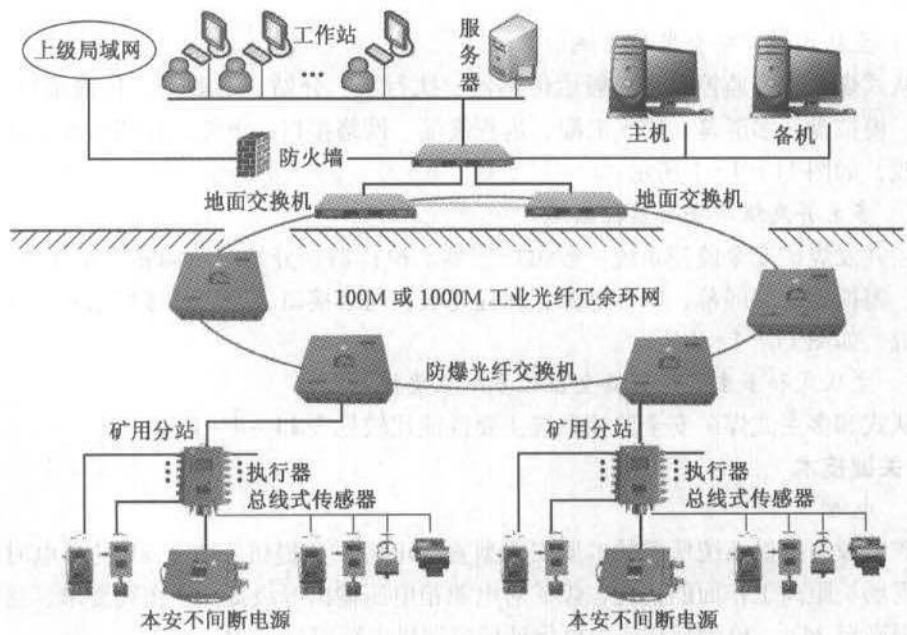


图 11-4-2　多主并发煤矿安全监控系统

表 11-4-1 主从式和多主式煤矿安全监控系统主要性能比较

序号	主要性能	主从式系统	多主式系统
1	容量	≤64	≥255
2	通信速率	≤2400bps	≥2.4kbps~1000Mbps
3	反应时间	≤30s	≤3s
4	通信模式	主从巡检	多主并发
5	手控时间	≤30s	≤3s
6	异地控制	≤60s	≤6s
7	协议标准	自定义	TCP/IP 标准
8	通信恢复	持续中断	自愈≤0.3s
9	集成扩展能力	弱、不方便	强、方便
10	主线路共享性	所有子系统独立成套	所有系统共享线路

稳定性对监控系统至关重要。现在分站用 CPU 大量使用 8 位、16 位处理器，甚至 32 位的 ARM 高性能处理器已经得到广泛的应用，同时随着嵌入式实时操作系统在部分分站上的应用实现，分站的稳定性都得到了很大的提高。目前，嵌入式分站在实现通用性分站的功能、提高采集控制速度、控制逻辑的现场可编程、程序在线升级更新以及配置常用现场的现场总线方面具有很大的优势。

4.1.2.3 双机热备

双击热备是保证系统可靠运行的关键设计，主要通过以下 3 种结构实现：

(1) 基于磁盘阵列备份方式（图 11-4-3）。磁盘阵列备份方式的优点是实现自动备份的性能最好，任何一台设备坏均不影响系统可靠运行；数据库备份采用专门的、功能强大的商用备份软件（Windows 2003 群集服务器软件）；监控主机和备用机的资源消耗低，减轻了主机性能压力。缺点是关联设备数量多，需要双网卡，连接配置复杂，价格较高，维护技术要求高。

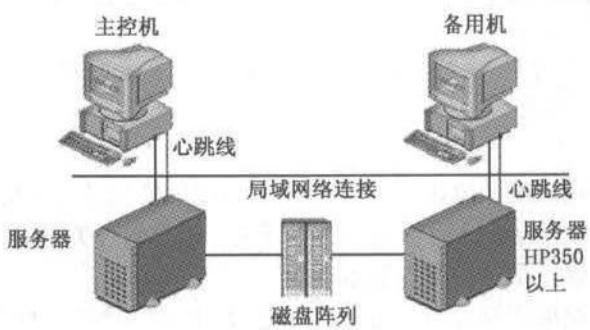


图 11-4-3 基于磁盘阵列备份方式连接示意

(2) 基于服务器备份方式（图 11-4-4）。基于服务器备份方式的优点：关联设备数量相对较少，连接配置、价格适中；不需要数据库备份软件；监控主机和备用机的

资源消耗低，减轻了主机性能压力。缺点：由于服务器只有1台，只是采用多硬盘来实现冗余备份，一旦出现服务器故障，备份功能将无法实现，数据备份的可靠性没有阵列方式高。

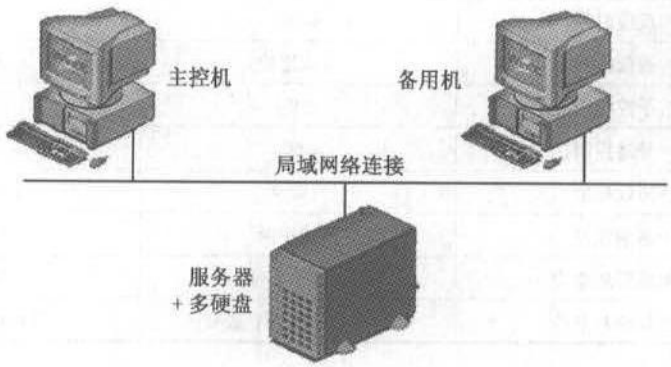


图 11-4-4　基于服务器备份方式的连接示意

（3）基于双主备机备份方式（图 11-4-5）。优点：①关联设备数量最少，连接配置简单，价格最低，维护要求低；②数据库备份一般采用通用或专门开发的数据备份软件；③数据备份的可靠性相对较高。缺点：①由于是通过监控主机和备用机自身实现数据备份，对主机或备用机的资源消耗高，加重了主机性能压力，影响系统响应速度；②需要双网卡支持。

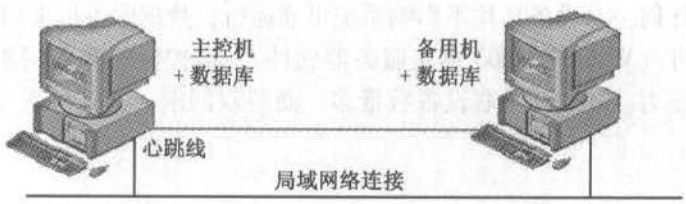


图 11-4-5　基于双主备机备份方式的连接示意

4.1.3　主要功能

（1）系统具有甲烷浓度、风速、风压、CO、温度等模拟量的采集、显示和报警功能，具有馈电状态、通风机开停、风筒状态、风门开关、烟雾等开关量的采集、显示及报警功能，具有瓦斯抽采（放）量的检测、显示功能。

（2）系统具有甲烷浓度超限声光报警和断电/复电控制功能，具有风电瓦斯闭锁、故障断电闭锁功能。

（3）系统具有手动或自动双机切换功能。

（4）系统具有图表显示功能。

（5）系统应具有中断取数、数据掉电保持功能。

（6）系统应具有 2h 备电功能。

（7）软件具有操作权限管理功能，对参数设置、控制等必须使用密码操作，并有操作记录。

（8）系统具有多种诊断功能，并能提供故障统计。包括系统的传输校验、误码率测试、传感器故障统计、分站故障统计等，还可以通过 Modem 或 GPRS 网络进行远程诊断，并根据情况进行修复或提供更新的软件版本升级。

4.1.4 现状及未来发展趋势

4.1.4.1 现状

现有煤矿安全监控系统虽然对改善我国煤矿安全生产状况取得了一定的成效，但是还有一些问题亟待解决：

（1）系统抗电磁干扰性问题严峻。很多厂家现在都在加强研究设备的抗干扰性，其中的快速瞬变群脉冲抗扰度和浪涌冲击抗扰度对产品的硬件设计、软件设计以及生产工艺都提出了更高的要求。

（2）煤矿井下的电源、通信防雷问题依然严峻。煤矿的电源线距离长、通信线和电源线的间隔在实际巷道中比较近等都容易引起通信传输的损害，因此需要进一步加强煤矿产品及电源防雷装置的设计，规范安装使用。

（3）通信协议不规范。由于现有厂家的监控系统几乎都采用各自专用通信协议，互不兼容，从而使不同厂家的设备无法接入。

（4）现有监控系统大部分为主从式传输，该传输系统的可靠性受主站设备及主干通信电缆的影响较大，当主站设备或主干通信电缆故障，将会造成整个系统瘫痪。

4.1.4.2 未来发展趋势

（1）系统将向嵌入式实时操作系统、综合组态软件、现场总线及可编程控制器等方向发展。

（2）系统将向网络化、智能化的方向发展。

（3）实现智能化的判断自检功能。

（4）监控系统的数据将向基于环网宽带的多主方式的传输方式发展。

4.2 瓦斯抽放计量监控系统

瓦斯抽放计量监控系统集瓦斯抽采及利用、计量监测、设备控制于一体，主要针对煤矿瓦斯抽采及利用中的管道工况参数、环境参数、供水参数、供电参数、供气参数等进行实时监测和计量，并根据以上参数对抽放泵、加压泵、水泵、冷却塔和管道阀门等设备进行自动控制，实现瓦斯泵站的无人值守。系统能够独立运行，也可以接入综合监控系统平台。

4.2.1 系统组成

瓦斯抽放计量监控系统一般由中心站、传输平台、泵站全自动控制柜、井下分站、相关参数传感器、执行器、传输线缆以及其他相关设备组成。

近几年，随着监控系统相关技术的进步与发展，参与煤矿监控系统相关技术研究的专业科研机构、高校、生产厂家，在工业以太网数据传输平台拓扑结构、现场总线传输平台拓扑结构、数据传输软件、综合自动化平台集成软件等方面的研究工作取得了突破性的进展，其成果技术成熟、可靠。瓦斯抽放计量监控系统在系统结构设计方面也采用了这些研

究成果，所以在系统整体构架上与其他煤矿监控系统差别不大，瓦斯抽放计量监控系统结构如图 11－4－6 所示。

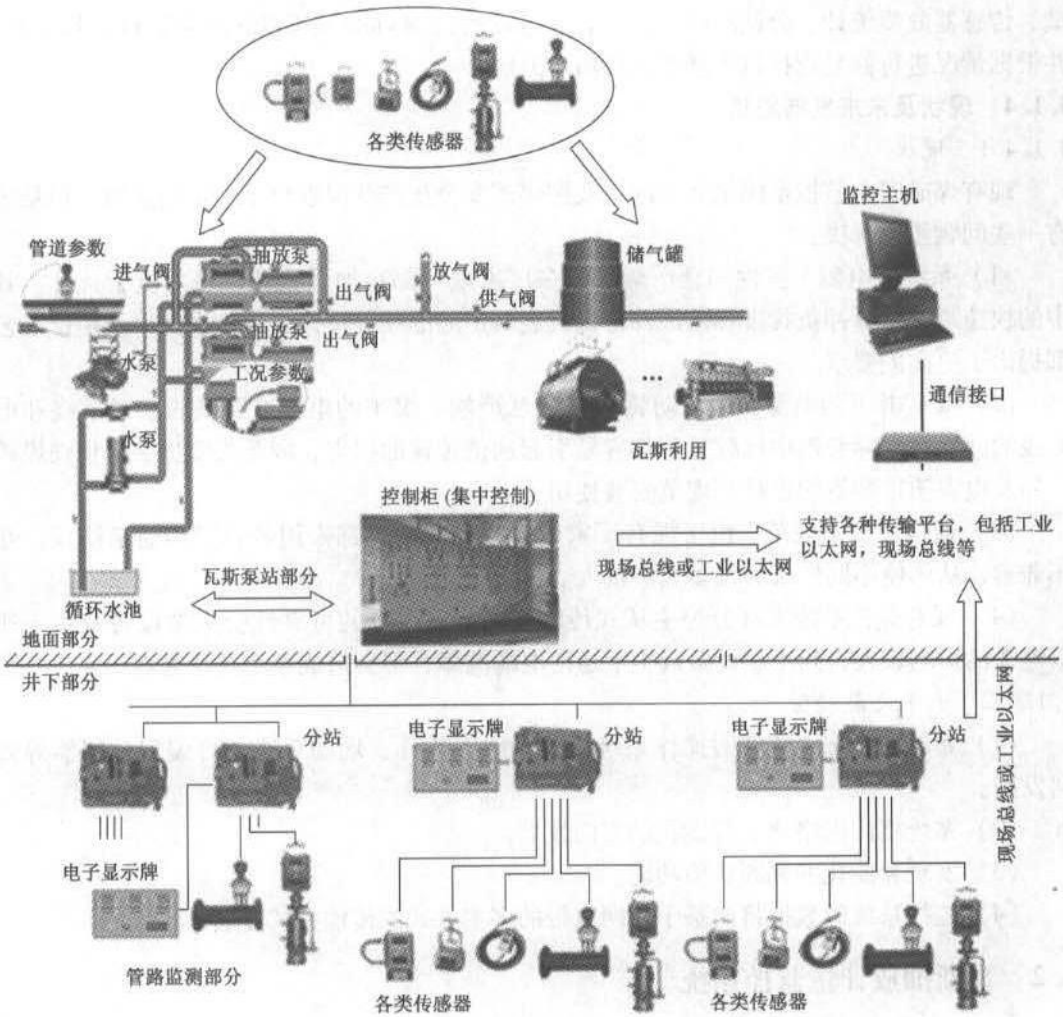


图 11－4－6　瓦斯抽放计量监控系统结构

根据煤矿对瓦斯抽采规模及目的，系统一般分为 2 种结构。瓦斯抽采规模较小，一般不会考虑瓦斯利用，设计为“中心站—传输总线—分站（井下）/泵站显示控制柜（地面）—传感器、执行器”结构；瓦斯抽采规模大，并实施瓦斯利用，设计为“中心站—以太网平台—传输总线—分站（井下）/泵站显示控制柜（地面）—传感器、执行器”结构。前一种方式结构简单，可单独成套使用。在系统中，监测分站用于对井下与瓦斯抽采相关的多种信息的采集，以现场总线方式通过数据接口将数据上传至中心站；监控柜位于地面泵房，主要实现瓦斯输送管道中多种参数数据的现场采集、显示及多种开关量的控制与显示，与中心站的通讯方式采用现场总线方式。后一种基于以太网的全矿井综合自动化系统平台，满足大型煤矿的需求，符合当前技术发展潮流。

4.2.2 主要功能

（1）系统具有多种模拟量、开关量采集、显示及报警功能。

模拟量主要包括：管道内瓦斯流量、浓度、温度、压力；抽放泵附近环境瓦斯浓度；电机温度、抽放泵真空度、轴温；阀门开度；水量、水压、冷却水池水温、水位；电流、电压、功率因数；罐高、罐压、罐内瓦斯浓度、密封水位、密封水温等。

开关量主要包括：抽放泵开、停状态；阀门开、闭状态；水泵开、停状态；通风设备开、停状态等。

（2）系统具有瓦斯抽放泵、阀门控制功能，一般能实现自动、手动、就地、远程和异地控制功能。

（3）系统具有瓦斯混合量、纯量等累积量监测、显示功能。

（4）系统能根据定义的索引对相关数据进行存储、查询以及打印。

（5）系统具有模拟图显示功能。可图形显示瓦斯抽采及利用系统图、抽放泵开/停状态、阀门开/闭状态、水泵开/停状态、通风设备开/停状态、管道中瓦斯浓度、流量、压力、温度、环境中瓦斯浓度等。

（6）具有系统设备布置图显示功能，显示内容包括传感器、执行器、控制柜、分站、电源箱、控制器、传输设备等。

4.2.3 关键参数监测传感器

在瓦斯抽放计量监控系统中，使用了多种不同种类的传感器。其中管道瓦斯流量、浓度传感器不仅是最重要的，同时也是技术难度最大的2种传感器。以往瓦斯抽放计量监控系统所暴露出的问题，通常是这2种传感器所引发的，所以在某种意义上，这2种传感器所达到的技术水平是整个系统技术先进性的重要组成部分。

4.2.3.1 管道瓦斯流量传感器

我国煤矿现场使用的瓦斯管道流量检测技术有多种，根据检测原理划分，可分为面积式、差压式、流速式、容积式，具体采用的有转子流量计、孔板、文丘里管、均速管、涡街、“V”锥等。对瓦斯管道流量监测技术的选择，一般根据以下几个因素来考虑：永久性压损、测量精度、量程比、现场适应性、长期工作稳定性等。

在瓦斯抽放管道流量测量中，“V”锥流量计、文丘里喷嘴流量计以及平衡流量计等属于差压测量原理的流量计，在永久性压损、测量精度、量程比、现场适应性、维护方便性等方面表现更为优异，是当前的技术发展趋势。

1. “V”锥流量检测技术

“V”锥流量计与其他差压流量计（如孔板、均速管等）相比较，属于“新秀”。目前正在其他工业领域如石化、热能、供水等广泛地应用。与其他差压流量计一样，都是基于密闭管道中能量相互转化的伯努利定律，即在稳定流场情况下，管道中的流速与差压的平方根成正比，测量出差压即可计算出流体的流速。它是在管道中心安装一个锥形体来阻挡流体，使管道中心的流体绕锥形体流动，所以当流体流过锥形流量传感器时，锥体直接和流体高速中心部分相互作用，迫使高速的中心与接近管壁的低速流体均匀化，从而产生正确的压差，这在低流速测量时尤其适用。

2. “V”锥流量传感器主要技术指标

（1）量程比：1∶10，最低测量流速1m/s。

（2）测量误差：1.0级。

（3）测量重复性：0.5%。

（4）介质压力常规测量范围：10～300kPa（绝压）。

（5）管道内径：50～2000mm。

（6）输出信号：485方式，可同时输出流量累积量、工况瞬时量、标况瞬时量、介质实时压力、介质实时温度等参数。

3. “V”锥流量传感器的特点

（1）精度高，重复性好。

（2）压损小，适合低静压、低流速的测量。

（3）自整流、自清洁、前后直管段要求较短，一般上游3D，下游1D。

（4）自带温度、压力测量，管道上不需另加温度、压力传感器，性价比高。

（5）长期工作稳定好，维护方便。

4.2.3.2　管道瓦斯浓度传感器

之前由于管道瓦斯红外检测技术没有取得突破性进展，瓦斯计量监控系统都是采用热导原理测量管道瓦斯浓度。但是影响热导原理测量准确性的因素较多且不易补偿，比如气体流速变化、压力变化、温湿度等，而这些实际工况对瓦斯抽放来说是很常见的，所以说热导原理不适应管道瓦斯的监测。对于瓦斯管道浓度监测，目前最佳的技术途径是采用红外甲烷传感器，并配合相应的取气方式及气体预处理工艺技术来实现，这种技术具有测量精度高、受环境因素影响小、工作稳定性好等优点。由于瓦斯抽放管道中的实际工况条件比较复杂，整个管道压力范围（按绝压计）可达30～180kPa，另外温度、湿度变化也非常大，所以，管道用红外甲烷传感器都应采用压力、温度补偿措施。

4.2.3.3　瓦斯抽放泵站全自动监控技术

瓦斯抽放泵站采用全自动监控技术是瓦斯抽放泵站实现无人值守目标的必然技术途径，瓦斯抽放泵站用自动控制柜是这种技术的体现。它能实现对瓦斯抽放泵、管道阀门、水泵、泵站通风设备等状态开关量的采集、显示和报警；能实现对管道内瓦斯流量、浓度、温度、压力，抽放泵附件环境瓦斯浓度，电机温度、抽放泵真空度、轴温、阀门开度等模拟量的采集、显示和报警；能实现对瓦斯抽放泵、阀门、水泵、泵站通风设备等状态控制。

4.3　矿井火灾束管监测系统

矿井火灾预报束管监测系统主要用于连续监测井下采空区、封闭区以及其他防火地点的火灾标志气体，早期预报火情，其测定数据准确、可靠、精度高，是当前煤矿常用的火灾预测预报装备。

研究表明，对煤层自然发火预测预报来讲，早期发现自燃隐患非常重要。因此，对升温氧化气体产物CO的监测相对于对高温裂解气体产物C_2H_4来说，更为重要。所有煤种在自燃过程中都会出现CO，且CO的浓度随温度上升幅度增大而增大，规律性强，容易检出，采用CO作为自燃标志气体被国内外煤矿普遍采用。一般情况下，实现对CO、O_2、CH_4的连续在线监测，完全能够满足自燃预测预报的要求，井下传感器型束管监测系统就

是基于这一原理配备分析设备的。

以往国内外开采自然发火煤层的矿井均采用人工采样、地面实验室仪器分析气样成分、计算 CO 产生速度以实现自然发火预测预报。为改变人工采样的间断性和排除采样的偶然性，英国在 20 世纪 60 年代末研制了“束管”监测系统。使用束管抽吸井下气样到地面，采用红外线分析仪进行连续监测，并用微机解算有关参数，实现自然发火预报。此后，“束管”监测迅速在法国、德国、美国、波兰、日本等国推广。20 世纪 70 年代随着煤矿使用环境监测系统及 CO、CH_4、O_2、烟雾、温度等电测传感器的开发，电测火灾预测系统也发展起来，但在采空区，特别是综采工作面采空区自然发火预测中，“束管”监测系统可抽取采空区气体进行分析，这是电测系统无法实现的，因而束管系统被大量采用。

“束管”监测技术也存在一些问题需要克服，如气体传输途径较长，气体在此过程中可能被污染，系统维护量大，实时性不好等，目前还没有有效的技术手段来解决这些问题。但在今后，随着半导体激光 CO、CH_4、O_2 等气体检测技术的突破，实现采空区气体直接在线监测，为解决这些问题提供了新的技术途径。

4.3.1 系统组成

系统按设置取样控制装置、气体分析装置和数据处理装置的地点可分为地面监测型和井下监测型。地面监测型系统井下安设束管管缆，地面安设地面取样控制装置、气体分析装置、数据处理装置；井下监测型系统井下安设束管管缆、取样控制装置、气体监测装置、井下分站、数据传输装置，地面设置地面中心站。

（1）气体分析仪器装置。自燃预测预报束管监测系统最初采用的分析仪器是红外分析仪，随分析技术和设备水平的不断提高，又采用了传感器和气相色谱仪，分别形成定型产品。随着装备水平不断提高，生产分析仪器的专业厂家开始生产和推广配置气相色谱仪的地面型自燃预测预报束管监测系统，自动进样器也成为标准附件，降低了对现场分析人员的操作要求。井下监测型束管仍然以传感器作为主要的分析装备。

（2）束管管缆。专业的管缆厂家的加入，推动阻燃抗静电束管迅速取代聚乙烯束管作为标准配置。由于束管监测系统一般采用 6mm 或 8mm 内径的小管径束管，抽取井下最远超过 10km 的监测点的气体，长距离抽气阻力难以有效克服，导致系统使用效果不佳。目前，束管管缆都采用专业厂家制作，并不断朝大管径化发展，采用地面和井下分级抽气，降低抽气阻力，增加抽气效果。

（3）井下分站。井下监测型火灾束管监测系统采用专用防爆控制箱来承担系统井下监测分站、信号传输装置和取样控制装置的功能。它专门负责为气体传感器提供本安电源，为安设在采样分析柜中的防爆电磁阀供电实现气路控制，与远程控制配套的水环真空泵防爆开关实现水环真空泵运行控制，连续自动采集处理系统采样分析柜中安设的传感器实时检测数据，通过对气体成分的在线监测，实现对采样地点自然发火情况的预测预报，与系统地面中心站计算机的数据双向实时通信。

（4）地面中心站。地面中心站包括地面数据接口、监控主机和监控软件。

4.3.2 系统工作原理及布点方案

4.3.2.1 工作原理

工作原理介绍以 JSG－8 井下束管火灾监测系统为例。JSG－8 井下束管火灾监测系统

井下采样分析柜中安设 8 路通往井下取样点的单芯束管。各取气管路的选通，由井下分站控制箱中控制主板嵌入式单片机程序控制，其选通时间可根据管路连接状况和管路长度设定。设定既可在井下人工采用红外遥控器完成，也可在地面通过监控中心软件进行远程初始化设置。水环真空泵电源通断，可由 PC 程序控制井下电源开关远程控制端触点通断实现。真空泵通过被选通取气管路抽取井下监测地点气样，送入采样分析柜中，由传感器对气室中气样成分进行分析。传感器信号由安装在 KXSG8C 控制箱本安腔内的控制主板接收，实时显示、处理，对火灾危险性进行预测预报。气样经井下采样分析柜余气出口和连接管路连接到井下分站安装地点附近的回风流中，在井下分站判断出现自然发火危险性时，可对余气出口气样进行人工采样，使用地面实验检测设备分析。如配置地面微机或联网监测系统，可通过通信电缆，将数据传输到地面中心站微机，由计算机软件完成数据分析处理、报表打印和火灾预测预报。局域网内联网计算机通过运行网络只读终端程序，对系统主机软件存储的数据库数据进行读取、显示、曲线分析、报表打印等。井下火灾束管监测系统原理如图 11－4－7 所示，使用时将井下分站安装在采区石门或采区上山附近的硐室中，实现对工作面及采空区有关火灾参量进行监测。

4.3.2.2 束管测点布置方案

一般情况下，束管系统在工作面设置 3 个测点。进、回风侧采空区分别设置 1、2 测点进行采空区内气体组分的监测，上隅角设置测点 3 进行上隅角气体组分日常监测。在进、回风巷沿底板分别向采空区埋设一趟取气管路。束管取气测点一进入采空区，即开始进行束管连续取样分析，工作面束管测点布置示意如图 11－4－8 所示。

埋入采空区的束管取样头处应注意：与套管密封连接附近应用大块矸石或木跺防护，以防止浮煤、水、泥浆堵管，取样头段的套管为 DN38 钢管，前端封口，并在前端 0.5m 长范围周边钻 6～9 个直径为 5mm 透气小孔。

4.4 顶板动态监测系统

顶板动态监测系统是煤矿安全监控系统的重要组成部分，其主要功能是：通过实时监测和数据分析，掌握井下该地质条件下顶板的活动规律；监测分析采场超强应力分布范围和作用强度；监测分析回采及掘进巷道的顶板及围岩离层和松动的范围、大小；对顶板危险事件超前报警。

新型的顶板监测仪可以实时监测到支架工作状态，将支架受力情况及时传输到控制中心，计算机动态模拟显示监测数据参数、报警，通过不断更新的远程专家解读系统，提供预测预报，为支护工作提供可靠的科学决策依据。

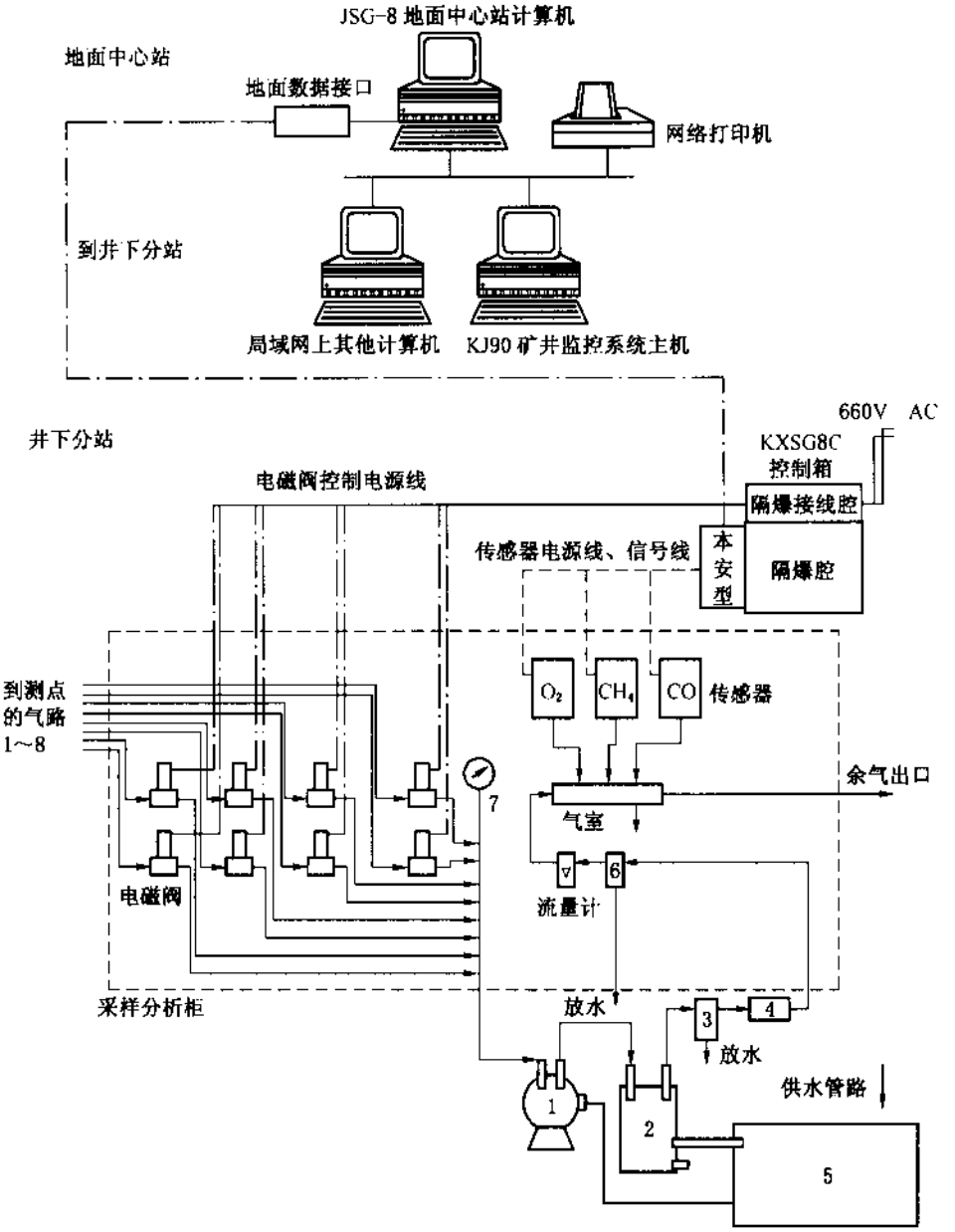
4.4.1 系统结构与功能

煤矿顶板动态监测系统的结构如图 11－4－9 所示，包括井上和井下两部分，可以实现以下功能。

（1）井上动态模拟显示监测参数与报警。监测服务器和客户端可以实时显示监测点的数据和直方图，当监测数据超限时能自动声音报警并记录报警事件。

（2）井下现场显示数据与报警。井下的压力监测分站、离层传感器可实时监测数据，能根据设定报警参数报警指示，通信分站可实时显示每个测点的数据并有报警状态指示。

（3）监测数据自动记录存储。井上监测服务器能根据设置的记录周期将数据存储到



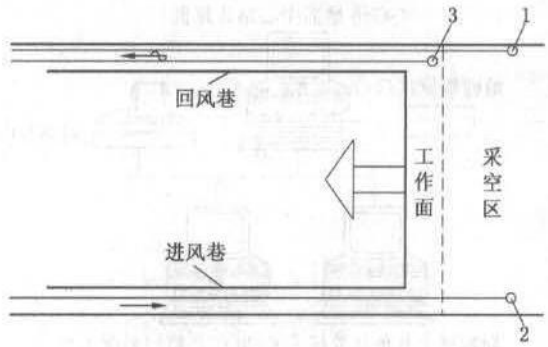
1—水环真空泵；2—汽水分离器；3—除水器；4—涂湿器；5—储水箱；6—放水器；7—真空表

图 11-4-7 井下火灾束管监测系统原理

数据库，形成历史数据。

（4）连续监测曲线显示与分析。软件支持服务器端和客户端的历史曲线和测线加权数据分析。

（5）监测数据综合专业化分析：①CMPSES 监测分析软件综合了矿压理论数学模型，支持综合专业化数据分析。②工作面支架循环工作阻力分析。③测线（或上、中、下部）顶板运动规律分析。④工作面顶板压力分布分析。⑤支架液压系统故障诊断。⑥工作面周



1，2，3—束管测点

图11-4-8　工作面束管测点布置示意

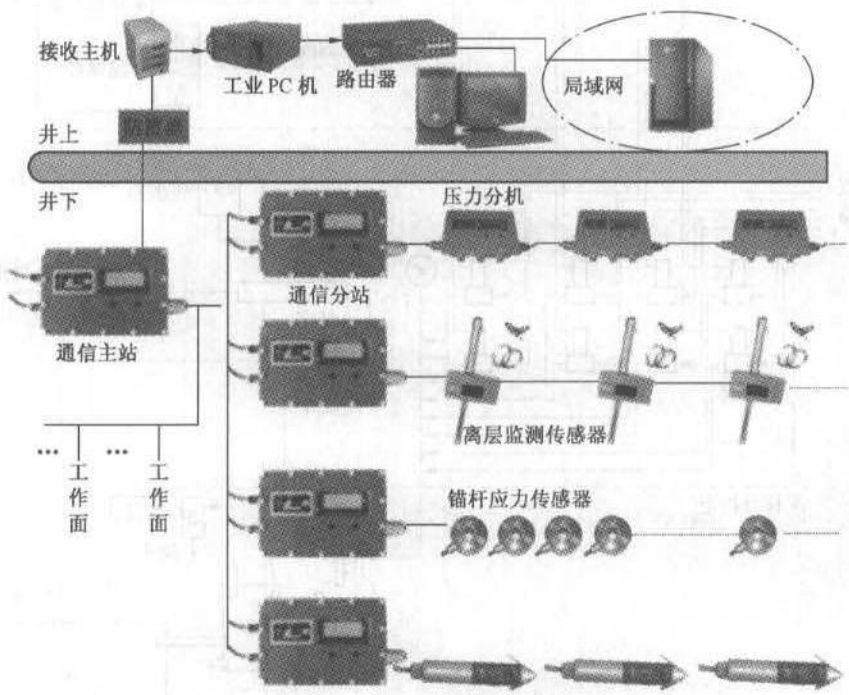


图11-4-9　煤矿顶板动态监测系统结构

期来压步距、强度分析等。⑦巷道顶板及围岩运动分析。⑧巷道支护应力变化分析。⑨监测段顶板冒落综合预警。⑩多元参数关联分析及预警。

（6）历史数据查询及报表输出。

（7）局、矿顶板动态监测网络功能。软件采用C/S+B/S结构，支持局域网、广域网客户端监测模式和Web用户浏览器模式数据共享。

（8）GPRS群发短信报警（可选）。监测报警数据（事件）可通过GPRS公用无线数据网络群发到用户手机中。

4.4.2 主要技术指标

监测服务器操作系统：Windows 2003 server；数据库平台：SQL server 企业版；网络平台：局域网。

1. 系统综合技术指标

（1）系统分站容量：1～16（通信分站）。

（2）系统监测点数（分机、传感器）：<1000。

（3）系统通信距离：<20km。

（4）巡测周期：0.5s/站点。

（5）传输接口：RDS－100 串行异步。

（6）通信速率：600～19200bps。

2. 接收主机（通信接口）

（1）输入通道：1—4 路。

（2）输入接口：RDS－100。

（3）输出接口：RS－232/RS485。

（4）显示方式：LCD 20＊4 LED 背光。

（5）安全隔离方式：光电耦合（2500V）。

（6）缓存容量：1MB。

（7）电源：AC 220V，0.1A。

3. 通信主站

（1）站点容量：1～128。

（2）显示方式：LCD 20＊4 LED 背光。

（3）通信方式：RDS 2400bps/9600bps。

（4）通信距离：5km，综采工作面 500m。

（5）电源：DC18V（本安电源），150mA。

（6）防爆形式：本质安全型 Exibl。

4. 压力监测分机

（1）压力通道数：3。

（2）量程：0～60MPa（过载 50%）。

（3）精度：1%。

（4）显示方式：LCD 20＊4 LED 背光。

（5）通信接口：RS485 2400bps/9600bps。

（6）电源：DC18V（本安电源），35mA。

（7）防爆形式：本质安全型 Exibl。

4.4.3 典型方案

以 KJ216 顶板动态监测系统在井下的应用为例，系统井上结构如图 11－4－10 所示。

井上监测信息与报警网络包括：数据接收单元、监测服务器；矿井办公局域网和客户端；GPRS 数据收发单元和图文短信手机用户群。

KJ216 系统接收单元可自动接收通信线路传送的数据，接收主机（接口）内置 RDS 收发器（或 NPORT 以太网接口、MWF 光线收发器接口），用户可选择其一通信方式，接

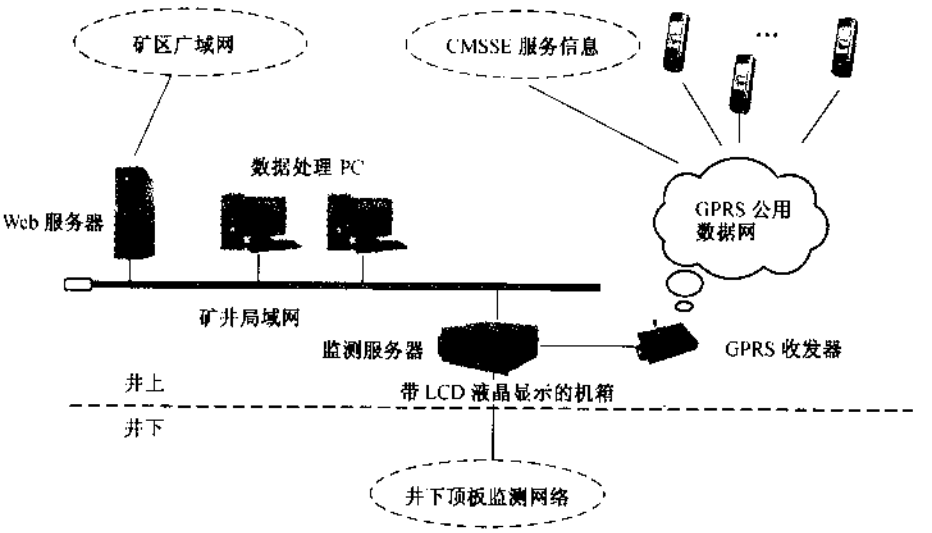


图 11-4-10　顶板动态监测系统井上结构

收单元自动侦测上位计算机的运行状态，当上位计算机退出工作时能自动备份数据。正常接收状态时，接收单元将数据容错后发送到监测服务器，监测服务器软件从 COM 端口读取数据。

已经建立了局域网平台的网络用户可以通过局域网平台共享监测系统服务器 B/S 软件发布的信息。

KJ216 系统的监测分析软件采用 SQL sever 数据库和 C/S + B/S 结构，支持 Web 模式访问。监测服务器连接到监控内网，监测软件提供 OPC 服务器接口或标准数据文件（符合 KJ95 系统标准）接入办公自动化网络。生产管理网络用户可安装客户端实现在线实时监测。管理层用户共享监测服务器发布的数据信息。

井下部分根据矿方提供的开采基本情况，建议系统配置一个综采工作面、2 条回采巷道的顶板动态监测系统。系统可通过扩展分机和传感器方法扩展测区。

主传输系统采用矿井已敷设的电话通信电缆。考虑到井下采区的布局，建议井下设 1 台主站、12 台监测分站，井下综采顶板监测系统硬件结构如图 11-4-11 所示。

工作阻力监测子系统，通过监测支架的工作阻力，可以分析顶板对支架的作用强度，分析顶板的周期来压规律，为工作面的安全高效生产提供决策依据。

工作面分别安装 12 台压力监测分机，每台压力监测分机有 3 个压力通道，每台压力分机监测一组支架。压力监测分机不建议跨架安装，因为跨架安装架间电缆和油管不容易保护。压力监测分机采用一体化结构，分机压力通道能抗强顶板断裂引起的压力冲击。传感器通道通过高压油管与支架的高压腔连接。压力分机采用一体化结构的优点是：工作面内的地质条件复杂，传感器与压力分机一体化结构避免了分机与传感器之间电缆的损坏，提高了系统的可靠性。

4.5　矿井人员定位系统

国内现有的人员定位系统大部分都是基于射频识别（RFID）技术，采用区域定位方

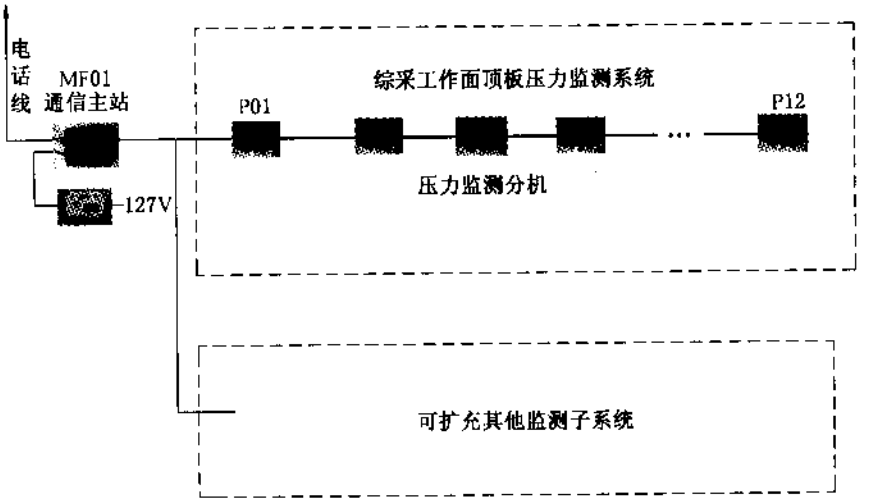


图 11-4-11 井下综采顶板监测系统硬件结构

式。射频识别技术是20世纪80年代起走向成熟的一项自动识别技术，它利用射频方式进行非接触双向通信，实现人们对各类物体或设备在不同状态下的识别和数据交换。鉴于国内矿山生产实际情况，2006年10月，国家安全生产监督管理总局颁发《关于加强煤矿安全生产工作规范企业劳动定员管理的若干指导意见》（安监总煤矿［2006］216号），指出要加大对合资和改制煤矿企业的安全监管力度，强制控制入井人数，推行有效的井下人员管理监测系统。随后国家又颁布了《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》（AQ 6201—2007）和《煤矿井下作业人员管理系统使用与管理规范》（AQ 1048—2007），对井下人员定位管理系统进行了规范。

近几年，市场上出现了各种矿井人员考勤定位系统。到目前为止，取得“安标”准许其产品入井的企业有30多家。不同厂家的产品在矿井的实际应用过程中，在识读距离、快速性、多卡性、防冲突性、发射功率等功能方面表现差异很大。这些产品均基于射频识别技术而开发，按使用频率可把系统分为3类：基于433MHz的射频识别系统、基于915MHz的射频识别系统、基于2.4GHz微波频段的射频识别系统。

4.5.1 系统特点

（1）操作方便，工作距离长，可实现对移动目标的识别。

（2）无需接触，避免了因机械接触产生的故障，具有良好的防水、防尘等性能，适合在恶劣环境条件下工作。

（3）对无线数据都经过加密，具有防碰撞机制，可同时对多个移动目标进行识别。

（4）信号穿透能力强。

（5）具备双向通信和报警功能。

（6）具备系统故障自检功能。

4.5.2 系统组成及连接方式

系统在地面由监测主机、传输接口（地面光端机、地面环网接入器）、信号避雷器、电源避雷器、唯一性检测装置、网络服务器、打印机、各工作站等组成。地面中心站的监

测主机一般选用工业控制计算机，双机热备。配置打印机，可以打印有关报表和资料。可配置 Web 浏览服务器，具有 Web 发布及信息上传功能，可以通过以太网传输到矿领导、各单位办公室，并且上传到集团公司各部门，实现信息共享。系统能够对数据进行实时备份和具备灾难恢复功能，能够备份保存至少一年历史资料，能实时监测监测站和接收器故障。

井下系统主要由无线数据监测站、无线收发器、识别卡、报警器、隔爆兼本安电源、井下光端机、井下环网接入器、电缆、光缆、接线盒等组成。人员定位系统电缆传输示意如图 11－4－12 所示。

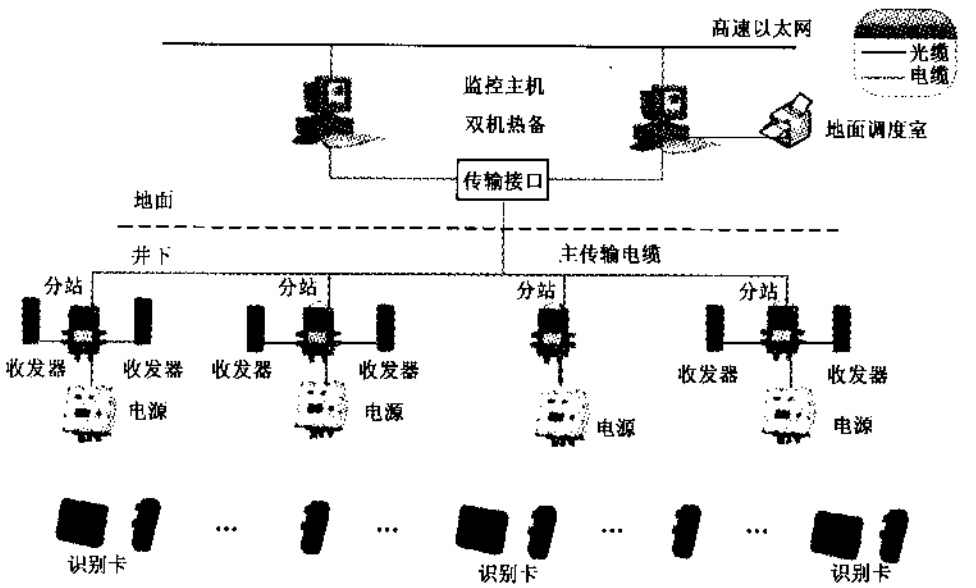


图 11－4－12　人员定位系统电缆传输示意

无线收发器负责采集人员数据，分站负责将这些数据传送到地面。一般一个分站可带 4～8 个无线接收器。无线接收器和分站之间的通信一般采用 RS485。分站和上位机之间的通信一般采用 RS485 或 CAN 等。一般分站还有报警器、电源状态检测等接口。分站具有存储功能，能存储几千条用户信息；分站还有显示功能，能显示分站地址号、所连接的无线接收器的通信状态、与上位机的通信状态、报警等信息。

根据各矿的规模及投入情况，人员定位系统的连接方式主要有以下几种。

（1）电缆传输：上位机通过传输接口将 RS485 或 CAN 信号通过电缆直接传输到井下，是一种“中心站—传输总线—基站”型结构。这种方式结构简单、连接便利、投入较小，被大部分中小型矿井采用。电缆传输方式不足之处在于传输易受干扰、传输速度较低、传输距离有一定限制。

（2）光缆传输：上位机将信号通过光缆传输到井下，再将光信号变换成电信号（RS485 或 CAN），通过电缆传输。这种方式中一般在地面中心站设置地面数据光端机，在井下变电所设置一个或多个本安数据光端机，地面光端机将上位机的信号转换成光信号，井下光端机将光信号转换成电信号（RS485 或 CAN），井下监测分站就近接入光端

机。这种方式的优势在于传输较为稳定，不受环境干扰。

(3) 环网传输：上位机将信号通过环网传输到井下，通过井下环网交换机将信号转换成 RS485 或 CAN 信号通过电缆传输。目前在用的环网平台有工业以太环网、GEPON 光纤网。环网传输更为稳定可靠，某点有故障可自动切换到另一环路。各环网接入点虚拟串口可分别和监测分站进行通信，极大缩短了系统的巡检周期，提高数据的实时性。这种方式一般用于大型的、信息化程度高的矿井。环网传输示意如图 11－4－13 所示。

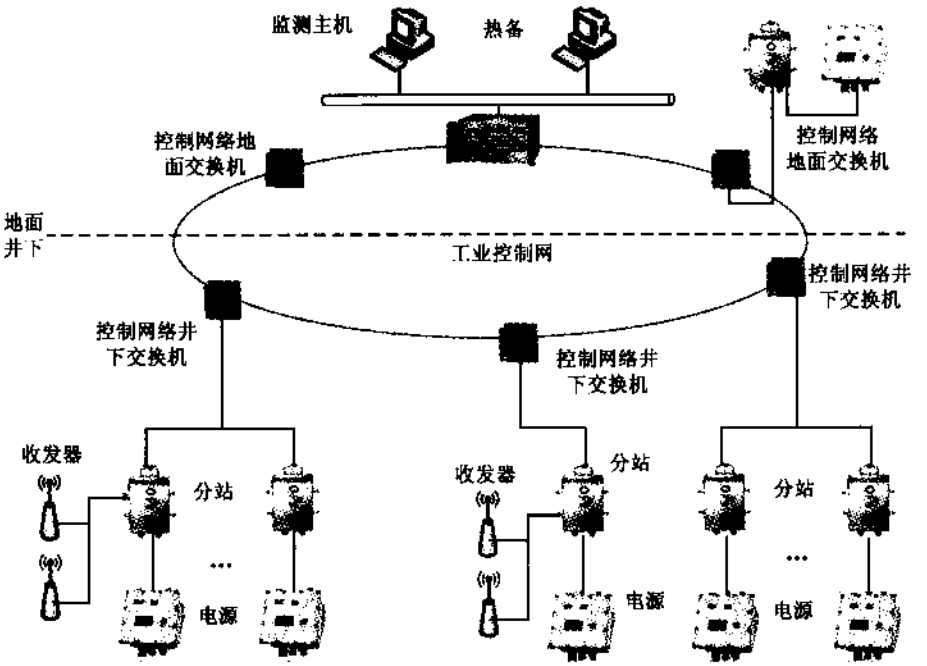


图 11－4－13 环网传输示意

4.5.3 主要功能

1. 实时监测功能

能够实时监测当前井下总人数，各区域人数及人员，各部门、各工种、各职务的下井人数及人员，特别是能监测重点区域、限制区域人员的流动及分布情况。用各种标识、模拟图标或颜色、数据，动态实时显示各类信息，并能动态显示井下人员的当班活动模拟/实时轨迹。图形具备矢量放大、缩小功能。通过检卡系统，对每一张卡的完好性与唯一性进行检测，显示人员相关信息。

2. 管理查询功能

查询井下总人数及人员、各区域特别是重点区域和限制区域的人员、各部门下井人员及分布、各工种人员下井分布，查询人员出入井时间，查询各区域、各监测点人员出/入时间和滞留时间，查询限制区域、重点区域人员出/入时间和滞留时间，查询超时人员、超员人员、工种异常人员，查询人员活动轨迹及轨迹再现，查询人员信息档案等。

3. 安全保障功能

紧急搜救与报警：在发生事故和出现紧急状况时，地面调度中心能与应急预案联动，能显示相应事故应急预案，显示避灾路线；能够快速查询井下灾前各时段全部人员位置和状态，准确掌握被困人员位置，为抢险指挥部输出人员搜救路线图、系统总平面图。监控主机可向某区域发送紧急寻呼，让该区域所有人员紧急撤离。井下人员遇到紧急情况可向地面发报警，保证人员及时得救。

门禁功能：在井下一些重要硐室、危险场合配备收发器和语音站，阻止人员违章进入；

超时报警功能：当人员在井下滞留时间超过规定的时间，系统自动报警提示并提供相关人员的信息。

区域超员报警：特定危险区域超过安全规定人数时，自动报警。

4. 统计考勤功能

能够实时对煤矿人员入井时间、升井时间进行统计；能实时对各类人员下井班数、班次、迟到、早退等情况进行监测和分类统计；能实时对井下各监测区域人员的数量和分布情况进行分类统计；能自动汇总、存储、生成报表和打印以上各信息。数据支持实时查询，随时可查询单独人员、班组、井、矿领导或公司领导下井情况。数据存储时间至少为 2 年，系统可提供 2 年数据的汇总统计功能。考勤管理可按班组、井、矿、公司分级汇总统计、查询、打印。

5. 系统管理功能

系统具有矢量图管理功能，能够对工程图进行矢量化和矢量图属性编辑，具有放大、缩小和移动功能，能在矢量图上定位并显示人员的准确位置和基本信息（姓名、性别、年龄、单位、职务、通信电话等）。系统能对入井人员信息按照工作单位、职务、工种等情况进行分类检索和报表打印输出。系统能够对数据进行实时备份和恢复，备份保存至少 24 个月历史资料。系统具有操作权限制管理功能，对参数设置等必须使用密码操作，并具有操作记录。

6. 信息联网功能及上传

系统通过局域网能实时同步地看到各种监测信息，可以进行各种查询操作。信息共享有工作站模式和 Web 浏览模式。工作站模式（C/S），建立服务器，客户端需安装工作站软件。Web 浏览模式（B/S），建立 Web 服务器，客户端直接通过 IE 浏览器浏览。系统具有网络接口，将有关信息上传至各级主管部门。

7. 自诊断功能

当系统中监测分站、无线收发器、交流供电、识别卡供电、传输接口等发生故障时，系统报警并记录故障时间和故障设备。

4.6 数字视频监控系统

煤矿数字视频监控系统是矿井安全生产监控的一个有机组成部分。随着实时数字视频编码技术发展和煤矿高速信息网络传输平台的铺设，实时数字视频监控系统在矿井安全生产监控中以其可视化操作和形象直观等优点得到大量应用。数字视频监控系统中实时编码设备将现场摄像仪的模拟信号进行采集和数字化处理，转化为数字流在网络中传输。网络中任何一台计算机通过授权，即可观看图像。与传统的模拟图像采集及传输相比，数字图

像品质好、稳定性高，并且网络带宽可复用，节省系统成本。

图像识别和处理技术在煤矿数字视频监控中也得到了应用。煤矿智能识别处理是在已有的安全生产环境下，对现有数字视频监控系统加强监、管、控的能力，使摄像头智能识别分析行为轨迹和运动方向，并将多个摄像头进行联动观察，快速判断事件发生位置和周边环境情况，为决策者提供有力的真实数据支撑。当有事件发生时，将人、物、事通过摄像头进行关联，将事件发生地及周边信息自动显示在屏幕上，不但可以为本地部门提供现场指挥视频内容，而且还可以通过网络传送到局、矿的调度室中，让总决策者远程观察、控制视频内容。

4.6.1 数字视频编码技术

数字视频图像编码是数字视频监控系统的重要基础，衡量数字视频数据压缩编码技术的优劣有3个重要的指标：

（1）压缩比要大；

（2）恢复效果要好，要尽可能地恢复原始数据；

（3）实现压缩的算法要简单，压缩、解压速度快，尽可能地做到实时压缩、解压。

数字视频数据中包括图像和语音等多媒体信息，声音和图形图像的数据很大，如果不对其进行压缩，计算机很难实时处理或实时传输。与此同时，数字视频数据（尤其是图像）本身具有很大的数据压缩的潜力，它们存在着很多数据冗余。

当前，用于网络视频流传输和存储的动态图像压缩编码算法主要有 M－JPEG、MPEG1、MPEG4、H.263 和 H.264 编码算法。

4.6.2 数字视频网络传输技术

根据传输信号的形式不同，数字视频图像信号传输也分为图像模拟传输、图像数字传输2种。

（1）图像模拟传输一般是通过一定的速率对图像进行周期性的扫描，把图像上不同亮度的点变成不同大小的电信号，然后传送出去。压缩方法可以采取减少样点数、减少样点的灰度级、隔行扫描等方法，达到减少图像信息量的目的。图像模拟传输通常采用基带传输和频带传输2种方式，在频带传输中图像信号主要用的调制方式是残留边带调制和频率调制。

（2）图像数字传输是先把模拟图像的信号数字化，然后对数字化的信号进行编码压缩。压缩的方法是在保持图像信息准确传输的要求下，利用图像的统计特性等去除冗余信息。图像信号有很强的相关性，根据视频的相关性，可以压缩很多重复相同的信息量，使传输的信息量大量减少。图像数字传输有基带传输、频带传输和网络传输3种方式。根据煤矿工业的需求，主要分析数字视频网络传输技术。

4.6.2.1 流媒体技术

传统的 Internet 在传输文字、图形等离散媒体时尚能胜任，而在传送声音、视频等连续媒体时则显得有些不足。针对多媒体数据的实时传送，为了满足连续媒体实时性、等时性和高吞吐量的要求，流式视频处理是非常有效的一种方法。视频图像经压缩编码被流化，并通过网络接口发送给网络，经过网络寻址传输到达客户端。流式视频传输系统框图如图 11－4－14 所示。模拟视频图像经过编码转换成视频流，经过发送模块在网络上传输，通过控制信息接收模块实时接收解码视频流，并在本地显示。

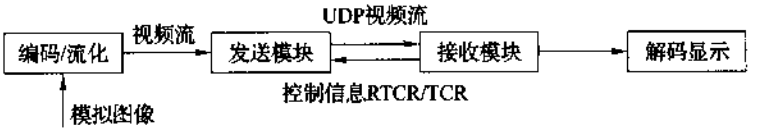


图11-4-14　流式视频传输系统框图

流媒体是指采用流式传输的方式在Internet/Intranet播放的媒体格式，如音频、视频或多媒体文件。流式传输主要指将多媒体数据经过特定的压缩方式解析成一个个压缩包，由视频服务器向用户计算机顺序或实时传送。在采用流式传输方式的系统中，流媒体数据流随时传送，随时播放。流媒体数据流具有3个特点：连续性、实时性、时序性。

根据流媒体数据内容的播放方式和对实时性要求的不同，流媒体业务分为视频直播（Live Video，LV）和视频点播（Video on Demand，VOD）两类。

视频直播业务类似于电视直播，使用视频编码设备现场将实时视频信号编码压缩成相应的数据格式，经由流媒体服务器和传输网络实时分发到各接收终端，具有较强的时效性。常用的视频直播业务包括：远程监控、视频会议等。

视频直播的特点：

（1）对编码设备、发布设备、传输网络和接收终端等各个环节的实时性要求高，缓存、镜像等技术都不可用；

（2）由于实时性的限制，许多优秀的预测编码和平滑技术不能较好地应用到直播系统中，从而加大了网络传输流量的突发性，容易产生较大的时延抖动；

（3）网络传输中，网络延时是影响服务质量的关键因素，而丢包率和误码率不再是影响服务质量的关键因素。

视频点播业务是指将预先录制好的多媒体内容编码压缩成相应的格式，存放在内容服务器上。接收终端选择性地在线播放感兴趣的视频内容；在视频播放期间，用户可与系统交互，实现包括快进、暂停等VCRR功能。常用的视频点播业务包括：网络教学、IPTV等。在煤矿数字视频监控系统中以视频直播为主。

4.6.2.2　数字视频网络传输方法

数字视频网络传输中主要有3种IP数据通信方式：单播（点点通信）、全网广播（广播）、组播。对3种数据通信方式进行比较，发现IP广播不适合于视频传输，而单播和组播则在不同的视频传输应用中具有明显的优势。

从网络传输控制角度而言，对于现有“尽力传输”的IP网络，如果进行大流量、多点的内容传输，尤其多路实时视频流的传输，组播是一种有效的传输机制。与点对点的单播数据传输协议相比，IP组播的带宽利用高、数据传输效率高。

如图11-4-15所示，建立一个视频服务器和远端网络的通信，网络中有N个用户。对于组播传输，流媒体源通过发送端只需向网络中传输一个视频信息流，通过路由器，给不同的接收端发送复制视频数据包，无论有多少接收端，保证不同的链路，只传输一个视频信息流，减少不必要的视频复制，节省网络带宽。对于单播传输，流媒体源通过发送端向每一个发送请求的接收端复制一个视频流，并发送至接收端，因此，对于N个用户，

需要在发送端把同一视频流复制 N 次后在网络中传输，对发送服务器及其所在网络容量是一个巨大的瓶颈。

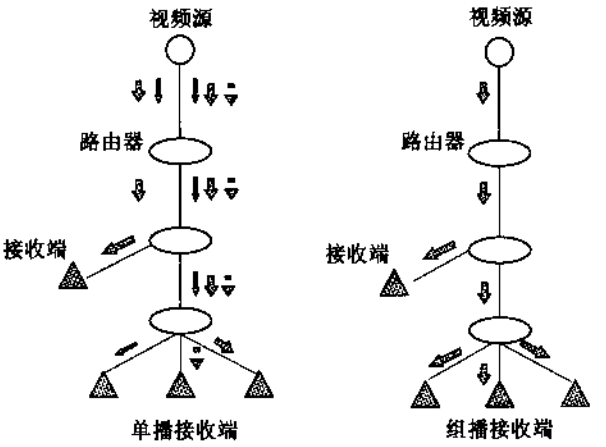


图 11-4-15 单播和组播比较

根据数据转发的层次，组播分为 IP 组播和应用层组播。其中，IP 组播在网络层通过硬件设备对视频数据转发，应用层组播在应用层通过节点主机实现对视频数据的转发。对于实时流媒体视频信号的网络传输，同单播相比，IP 组播能够有效地节省网络带宽和资源，管理网络的增容和控制开销，大大减轻发送服务器的负荷，达到发送信息的高性能。

4.6.3 煤矿数字视频监控系统典型应用

4.6.3.1 煤矿数字视频监控系统关键设备——视频服务器

根据视频服务器的结构和工作原理，可分为 PC 式视频服务器和嵌入式视频服务器 2 种。

1. PC 式视频服务器

以 PC 机为基础的硬件数字视频服务系统，配备图像采集或图像采集压缩设备、视频流控制应用程序组成一套完整的系统。PC 机是一种通用的平台，围绕 PC 的各种软件及图像采集设备非常多，产品的性能提升较容易，软件修正补充比较方便。

常用的 PC 有工控机和商用机 2 种。工控 PC 对运行环境的要求较低，系统通风、散热效果好，能够长时间不间断工作，抗干扰能力强；工控 PC 系统对各种硬件、软件的兼容性高，系统运行的稳定性较好，采用工控机箱，能够有效地工作在各种恶劣的工作环境。工控 PC 采用 CPU 工业集成卡和工业底板，便于由标准的设备驱动和控制，所支持的图像监控的通道数较多。而商用 PC 兼容性和抗干扰能力差，稳定性不如工控 PC 高。

PC 式视频服务器目前采用纯硬件压缩、软件压缩和硬件软件相结合解压缩 3 种技术。采用后 2 种技术的视频服务器，因为软件解压缩占用了计算机的 CPU 和内存资源，因而能够处理和录制图像的能力有限，在有些要求图像质量高、压缩比高的压缩算法下，能够处理的图像帧数更少。因此大容量大路数视频服务器必须是采用纯硬件解压缩方式，并且尽可能减少占用计算机 CPU 和内存资源，减少软件运行的不确定因素，使系统的稳定性

和可靠性大大加强。

基于 PC 的视频服务器采用“硬件压缩 + 软件视频流控制”的机制，实时视频由数据采集压缩卡实现，控制软件主要完成对采集和压缩视频流的显示和存储控制。

基于 PC 的视频服务器工作原理如图 11 - 4 - 16 所示。

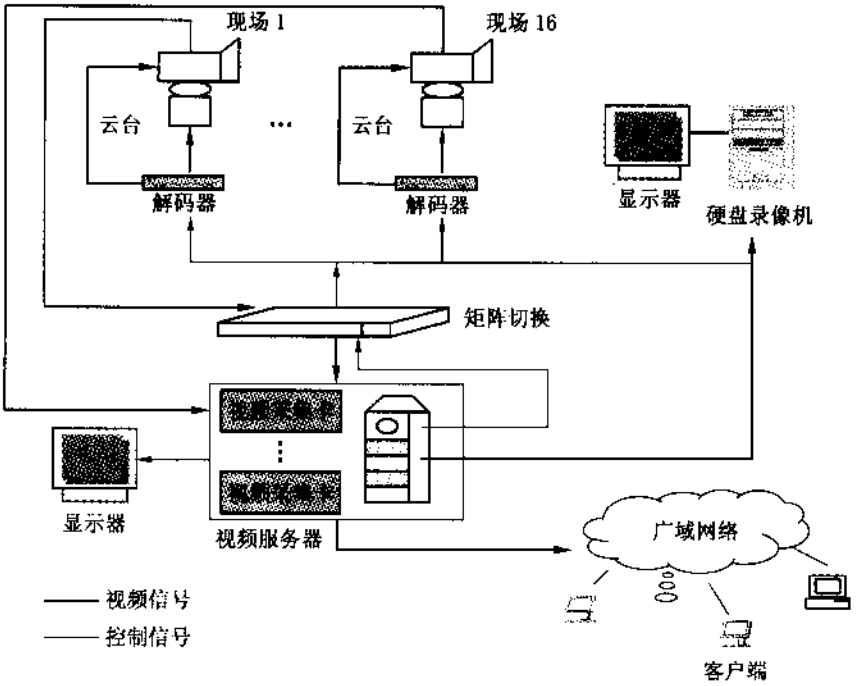


图 11 - 4 - 16　基于 PC 的视频服务器工作原理

2. 嵌入式视频服务器

由于 PC 式视频服务器运用 Windows 平台，相对容易死机，所以在无人值守等领域，需要嵌入式产品。所谓嵌入式，即采用单主板对图像进行数字处理，不死机。嵌入式网络视频服务器，建立在嵌入式处理器和嵌入式操作系统上，采用嵌入式实时多任务操作系统（RTOS）和嵌入式处理器，完全脱离 PC 平台，系统调度效率高，代码和所有参数保存在 EPROM 中，掉电不丢失，硬盘即插即用。嵌入式 DVS 系统结构如图 11 - 4 - 17 所示。

利用视频服务器，完成远端模拟视频信号的采集和压缩，在完成本地预览和存储的同时，可通过网络向授权客户端发送视频信息，从而构建小型化的局部煤矿视频监控系统。在系统应用中，根据客户端访问视频服务器方式的不同，视频监控系统可分为 C/S（Client/Server）和 B/S（Browser/Server）结构。

4.6.3.2　基于 IP 的煤矿全矿井流媒体视频监控系统

1. 系统意义

在煤矿网络中，基本都是“尽力而为”传输模式，网络结构复杂。每一个接收端与视频服务器的连接都是点对点的通信模式，在进行远程视频通信时，需要为每一个连接的客户端建立传输通道，使得网络中有大量的冗余数据包，视频数据的传输效率低。当由多

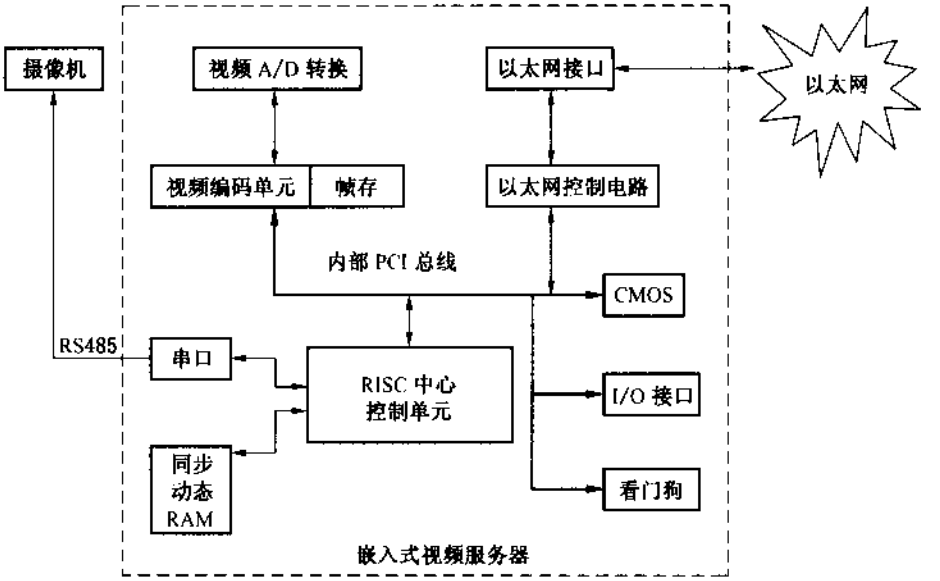


图 11-4-17 嵌入式 DVS 系统结构

个接收端同时接收同一路图像时，需要建立多个数据通道，进行多次数据复制，大量相同的数据包在网络上传输，网络传输效率低，存在大量冗余信息。随着矿井自动化、信息化程度的提高，需要视频监控区域成倍增加，因此，当多个客户端同时访问一个视频编码器获取视频图像时，一方面图像传输所需带宽成倍增长，另一方面编码器的负荷也成倍增加，非常容易出现由于系统过热而产生的编码不稳定。

基于流媒体的网络视频监控系统可有效解决上述视频监控中存在的问题，保证视频图像的可靠传输。设置流媒体服务器的目的在于构建应用层组播机制，缓解前端视频服务器的负载和避免网络带宽紧张而引起的网络阻塞。无论多少个接收端接收同一路图像，控制编码器和流媒体服务器之间只有一路视频流量，从而保证视频流的可靠传输。基于流媒体的网络视频传输系统工作原理如图 11-4-18 所示。网络中有 N 个客户端接收视频时，流媒体源通过发送端只需向网络传输一个视频信息流，通过流媒体服务器，给不同的接收端发送复制视频数据包，无论有多少接收端，保证不同的链路只传输一个视频信息流，减少不必要的视频复制，节省网络带宽。

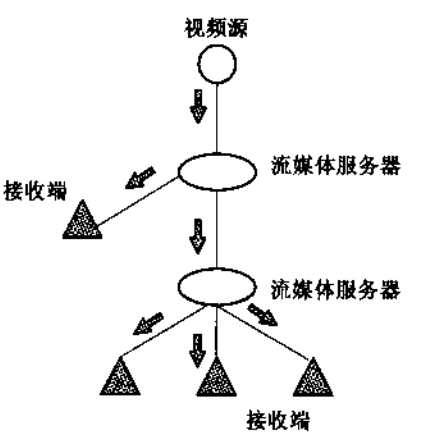


图 11-4-18 基于流媒体的网络视频传输系统工作原理

2. 局矿远程流媒体传输系统方案

基于 IP 的局矿远程流媒体传输系统方案如图 11-4-19 所示。

3. 煤矿井上/下流媒体传输系统方案

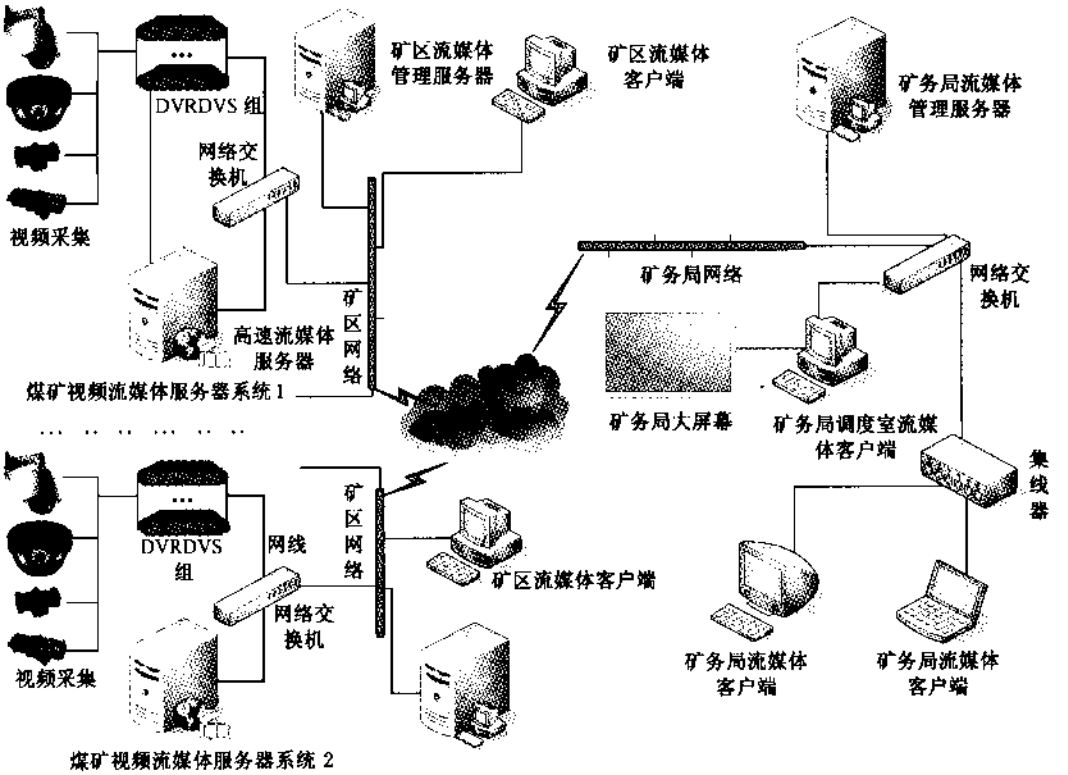


图 11－4－19　基于 IP 的局矿远程流媒体传输系统方案

基于 IP 的煤矿井上/下流媒体传输系统方案如图 11－4－20 所示。

4. 流媒体传输系统组成

基于 IP 的煤矿全矿井流媒体视频监控系统采用分布式的系统架构，基于 TCP/IP 网络平台。H264 压缩标准的嵌入式网络 DVRDVS 提供视频服务，通过分布式的流媒体服务器统一管理视频流的转发；通过管理服务器统一管理用户、监控地点相关信息，管理报警日志及操作日志，并统一记录到后台数据库。视频监控主机通过网络远程访问，控制或设置前端的网络硬盘录像机。

系统由以下部分组成：

1）管理服务模块

（1）对整个网络监控系统的信息进行统一处理，其中包括信息的设置、信息的记录、信息的转发及信息的查询。

（2）对监控地点及用户进行信息编辑，包括新建、修改、删除。

（3）对用户进行权限设置，采用灵活的菜单级权限设置方式。

（4）对用户的操作请求进行权限认证。

（5）实时记录来自客户端的操作，同时生成操作日志，并可对其进行维护与查询。

（6）巡检与校时功能：定时检查 DVRDVS 工作状态，巡视 DVRDVS 工作是否正常（如硬盘录像是否正常、网络是否正常、报警信息能否正常上传等），定时对 DVRDVS 进

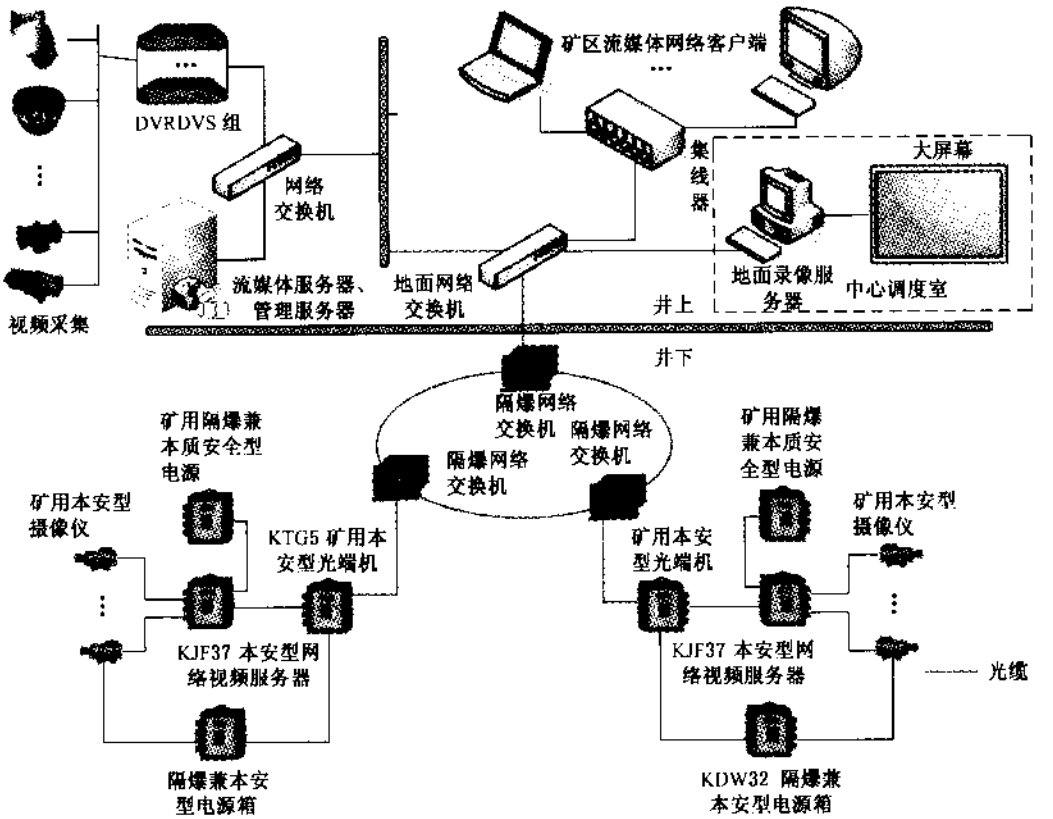


图 11 4-20 基于 IP 的煤矿井上/下流媒体传输系统方案

行系统时间校正。

2）流媒体服务模块

响应用户对 DVRDVS 的访问请求，实现对 DVRDVS 视音频流的转发功能。每个流媒体服务器可连接前端 1～1000 台 DVRDVS，支持 1～200 个并发用户。

流媒体视频服务器在视频监控系统中，主要完成 2 个工作：一是通过网络接口与远端编码器相连，实时接收视频流数据，并临时存储在缓冲区；二是实时侦听客户端的请求，把缓冲区的视频数据转发给客户端，从而完成视频传输。

3）视频监控模块

视频监控模块是系统的主要客户端软件，根据不同设置可以实现类似主控和分控功能。

（1）远程设置 DVRDVS 参数，包括通道参数、报警参数、串口参数及视频参数。

（2）远程实时浏览视频图像，支持 1/4/6/8/9/16 画面显示，可自定义分组循环播放，支持将画面输出到电视墙。

（3）远程控制云台、镜头。

（4）支持 DVRDVS 视音频文件的回放，提供快放、慢放及本地逐帧回放。

（5）远程对 DVRDVS 软件版本升级，系统校时，远程重启。

4.7　井下斜巷绞车轨道运输远程安全综合监控系统

4.7.1　关键技术

（1）低照度、强噪声、快速移动、受限空间、多经传输等复杂环境下的信道特性研究及其相适应的图像编码技术和可靠传输理论与技术。

（2）低照度下的危险区域人员图像识别技术，包括运动目标实时检测技术、矿井低照度和动态背景下的低速运动人体识别技术。

（3）轨道机车车载视频监视图像抖动消除技术。

（4）煤矿井下复杂环境下的无线接入网关技术。

（5）显示器的本安设计及隔爆处理。

4.7.2　主要功能

（1）实现矿井复杂环境下视频信号无线可靠传输。

（2）实现基于视频信息的人员自动检测。在斜巷各道岔车场及道岔躲避硐室入口等危险区域安装矿用本安型光纤摄像仪，对视频信息进行智能分析处理，实时监测斜巷及危险区域内人员信息，对人员误入及时报警，并启动联动控制对绞车等进行自动停机操作。

（3）轨道运输车载监视图像抗振动。

（4）在井下绞车操作室，司机可通过防爆监视器（可分四画面）对各车场环境进行监视，司机开车前可以由画面判断现场情况，利用本安型显示控制箱对各车场道岔、挡车栏进行监控，并能发出报警信号。

（5）对绞车保护的运行状态进行监测，可编程控制器采集绞车电机的电压、电流、道岔状态、挡车栏状态、绞车速度、深度、信号闭锁等信息，提示司机做出相应反应，保证绞车的安全运行。对各种违章现象可自动记录，随时备查。

（6）传感器、显示器采用本质安全型电源供电，整个系统采用 UPS 在线式不间断电源，外部断电后可以正常工作 2h 以上。

煤矿井下斜巷轨道运输综合监控与远控联动系统，实现煤矿井下斜巷轨道运输监控、操作的可视化、智能化，解决煤矿斜巷轨道运输监控的盲区和难点，消除安全隐患，提高煤矿生产运输安全。

4.7.3　总体结构

煤矿井下斜巷绞车轨道运输远程安全综合监控系统总体方案示意框图如图 11－4－21 所示。

4.7.4　技术实现

4.7.4.1　煤矿井下复杂环境无线音视频传输

1. 抗强噪声的视频编码

采用分级视频编码及分层传输控制方案来有效地解决视频流无线网络传输的带宽波动问题。分层编码产生的一个基本层码流以及一个或几个增强层码流具有不同的重要性，采用基于优先级编码传输的不等错误保护机制，估计当前网络可用带宽及丢包率，依据各层数据的不同重要性自适应地确定基本层和增强层各比特平面的 FEC 保护比特，并选择适当的传输层数以控制发送速率。然后利用 GOP 中各帧之间的不同重要性对各编码帧的基

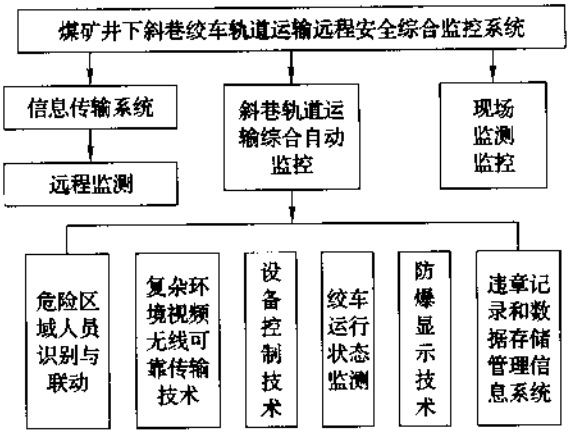


图 11-4-21 总体方案示意框图

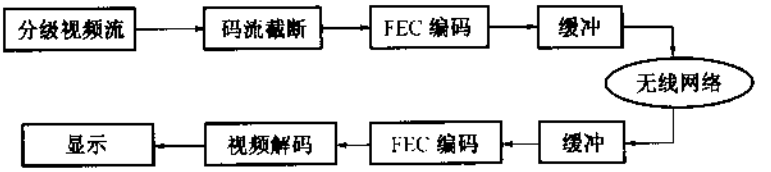


图 11-4-22 视频编码技术路线示意

本层数据分配不等的 FEC 保护比特，从而降低误码扩散对重建视频质量的影响。其技术路线示意如图 11-4-22 所示。

在视频服务器端，分级视频流将视频信号编成一个基本层码流和若干个增强层码流，其中基本层包含视频信号的基本信息，通过它可以得到一个低质量的视频信号；增强层包含视频信号的细节信息，它可以提高视频的恢复质量。自适应不等错误保护机制通过对一帧的不同层及 GOP 中各个基本层的不等重丢包保护来实现，根据各数据层对重建视频质量的不同重要性和信道状况的反馈信息，码率最优及 FEC 包分配自适应确定压缩码流的截断层数，即选择适当的传输层数，并确定发送的各层视频数据的保护力度，从而避免网络拥塞和提高视频传输质量。码流截断和 FEC 编码模块根据码率最优 FEC 包分配的指示对分级视频流各个层进行数据丢弃和 RS 编码，经 FEC 保护后的码流经过无线网络发送至接收端。接收端根据往返迟延和比特误码率来估计网络状况，并将其通过反向信道反馈给发送端。

2. 煤矿井下复杂环境无线音视频传输系统

煤矿井下复杂环境无线音视频传输系统由车载移动信息采集无线终端、无线接收及有线中继器 AP 和绞车房视频解码与显示设备等组成，能够适用煤矿井下复杂环境。AP 安装在斜巷沿途，将车载移动信息采集无线终端的实时音视频信息，无线接收后通过有线中继方式传送至工业以太网节点，在绞车司机控制室和地面监测中心进行实时在线监测监

控。系统也可应用于井下其他安全生产音视频传输领域，特别是在有线网络无法覆盖的特殊环境下。系统网络结构如图11－4－23所示。

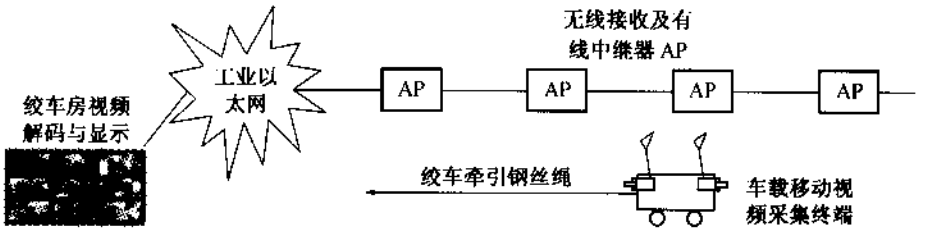


图11－4－23　煤矿井下无线音视频传输系统结构

3. 信息采集无线发射设备

信息采集无线发射设备以嵌入式Arm－Linux系统构建，采用模块化的结构设计思想，将设备分为主控模块和各个功能模块，原理框图如图11－4－24所示。

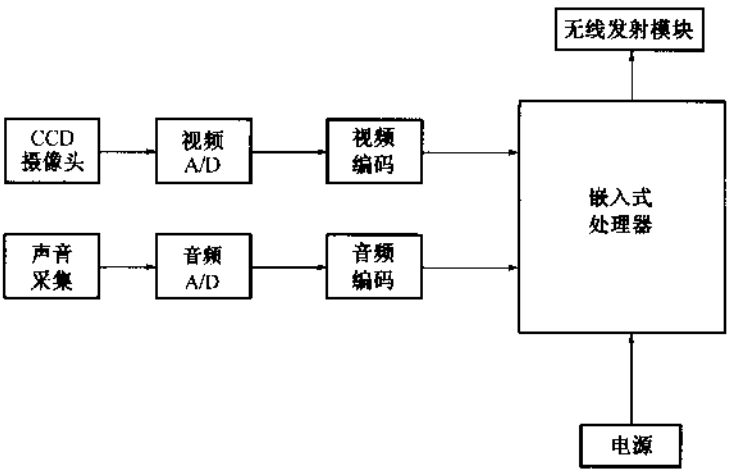


图11－4－24　车载信息采集无线发射设备原理框图

嵌入式处理器：是信息采集无线发射设备核心控制芯片，实现图像处理及无线传输调制等功能。

视频部分：CCD摄像头输出的信号一般都是CVBS（复合视频）或Component Video（差分视频）等模拟信号，要先进行视频信号的模数转换。信号传递到视频编码模块转换成MPEG－4视频流，进行调制，然后发射出去。

音频部分：采集到的音频为模拟信号，也要先进行音频信号的模数转换。信号传递到音频编码模块进行编码、调制，然后发射出去。

4. 无线接收有线中继终端

根据煤矿井下通信干扰大、弯道多的特殊情况，在方案中需要设置多个无线接收终

端，间隔 20～50m 以内，主要功能是完成无线到有线的接入，以及传输过程中的功率放大。无线接收终端的总体框图如图 11－4－25 所示。

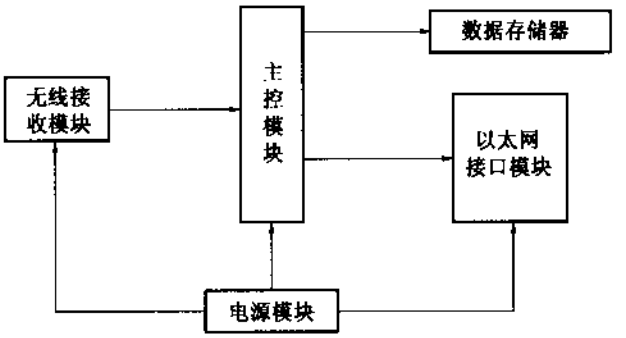


图 11－4－25　无线接收终端的总体框图

4.7.4.2　斜巷基于视频的危险区域人员自动检测识别与联动控制

通过基于视频的人员识别，结合人员生命特征信息探测，实现对危险区域人员的无盲区实时监控，并通过对绞车等进行联动控制。可在绞车启动前和运行中，对整条斜巷入口

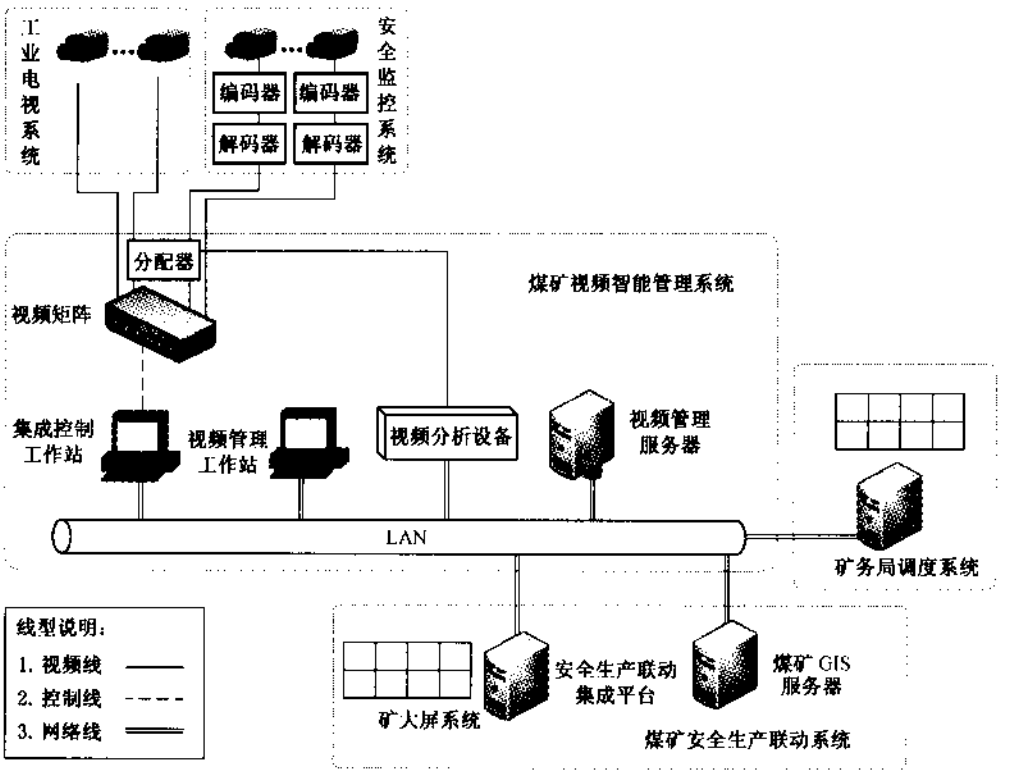


图 11－4－26　井下危险区域的运动目标检测和联动控制系统

全程扫描，绞车司机全面掌握斜巷各车场的甩车道岔及车场入口情况，防止违章矿工强行进入斜巷，保证运输时斜巷内无滞留矿工，真正做到“行车不行人，行人不行车”，确保矿工人身安全。同时，在绞车及轨道机车运行期间，一旦监测到危险区域有人员进入则可通过联动控制装置，自动紧急制动绞车和轨道机车，避免安全运输隐患和伤亡事故发生。

井下危险区域的运动目标检测和联动控制系统实现方案如图11－4－26所示。

利用摄像机获取图像，通过识别设备、识别方法完成运动目标的检测。当异常情况发生时，发出运动感知告警提醒监控人员或采取其他措施。通过流媒体主控端设置境界线/境界区域，进行区域内目标检测和跟踪，前端视频服务器返回告警帧给主控端，由主控端发起告警联动。

4.7.4.3　视频图像抖动消除

由于斜巷运输工作现场的视频摄像头是安装在轨道机车上，机车运行时的振动会引起镜头的抖动而影响图像的质量，要在远程监测终端获得清晰的视频画面，必须消除图像的抖动。主要解决方法通过采用软件（主要利用图像处理技术）消除图像抖动。

4.7.4.4　其他相关装备

其他主要设备装置包括：有线/无线综合接入网关、隔爆兼本安型显示器、井下环境用防爆视频编码设备、隔爆兼本安型工业以太网交换机、隔爆兼本安型电源、相关软件等。

5 煤炭企业管理信息化

5.1 煤炭企业综合信息支撑平台

5.1.1 综合信息统一网络平台

矿业集团综合信息统一网络平台主要包括企业骨干网络、接入网络、与 Internet 的接入、网络管理与安全管理5部分。它是一个信息点密集的交换网络系统，它以矿业集团通信计算机处为中心，联接各个二级单位和集团公司机关大楼，为在矿业集团范围内办公的所有部门提供了一个快速、方便的信息交流平台；通过专线与 Internet 的连接，各个部门可以直接与互联网用户进行交流、查询资料等；通过公开服务器，企业可以直接对外发布信息或者发送电子邮件。高速交换技术的采用、灵活的网络互连方案设计为用户提供快速、方便、灵活的通信平台，但同时也对网络的安全带来了更大的风险。因此，必须将网络管理与安全管理系统作为集团网络平台的重要组成部分在网络建设时同步实施。

5.1.1.1 网络平台的技术特点

（1）高速冗余的传输网络拓扑结构。

（2）高可靠、可扩展、系统化、统一管理的数据机房、数据异地备份机房及可远程监控管理的各节点机房。

（3）强化的核心路由交换能力（内外网异构的路由交换，根据数据流向中心集中和向边缘发散的特点，采用集中强化核心路由）。

（4）综合网络安全体系（统一的网络出口、内外网异构防火墙、入侵检测和防御、全网支持 MPLS VPN、网络用户认证、RSA 动态口令认证、远程 RSA 接入、网络防病毒、反垃圾邮件系统等）。

（5）综合网管系统，第三方网络安全审计。

5.1.1.2 骨干网络

网络主干技术指主干网设备之间的连接技术，计算机网络的主干必须选用相应的宽带主干技术。目前，可供选择的宽带技术包括以下几种：

（1）万兆以太网技术（10GE）。最高传输速率为 10Gbps，与 1000M 以太网技术、快速以太网技术向下兼容。

（2）千兆以太网技术（GE）。最高传输速率为 1Gbps，与以太网技术、快速以太网技术向下兼容。

（3）异步转移模式（ATM 技术）。采用信元传输和交换技术，减少处理时延，保障服务质量，使其端口可以支持从 E1（2Mbps）到 STM－1（155 Mbps）、STM－4（622Mbps）、STM－16（2.5Gbps）、STM－64（10Gbps）的传输速率。

（4）SDH 技术（或 IP over SDH 技术）。采用高速光纤传输，以点对点方式提供从

STM1 到 STM64 甚至更高的传输速率。其中 IP over SDH 技术也简称为 POS 技术，也就是将 IP 包直接封装到 SDH 帧中，提高了传输的效率。

（5）动态 IP 光纤传输技术（DPT）。它定义了一种全新的传输方法——IP 优化的光学传输技术。这种技术提供了带宽使用的高效率、服务类别的丰富性以及网络的高级自愈功能，从而在现有的一些解决方案基础上，为网络营运商提供了性价比极好和功能极其丰富的更先进的解决方案。

10GE/GE 技术、ATM 技术、POS 技术都各有优点和缺点。其中 10GE/GE 千兆以太网技术基于传统的成熟稳定的以太网技术，可以与用户的以太网为主的网络无缝连接，中间不需要任何格式转换，大大提高了数据的转发和处理能力，减少了交换设备的负担。10GE/GE 可以很轻松地划分虚拟局域网，把分散在各地的用户连接起来，提供一个可靠快速的网络。10GE/GE 的造价比 ATM 低廉，性能价格比很好，投资的利用率较高。ATM 技术的最大问题是协议过于复杂和太多的信头开销，设备价格高而传输速率有上限（622M，2.5G 接口昂贵），ATM 可以采用的技术有局域网方针，ATM 上有很多协议如 MPOA、Clasical IP Over ATM、永久虚电路等。ATM 本来有很强的服务质量功能，可以实现很好的多媒体传输网，但在与以太网设备互联时，不能体现端到端的服务质量，需要在以太网的数据格式和 ATM 的数据格式间进行转换，效率比较低。POS 技术通过在光纤上传输 SDH 格式的 PPP 数据包，可以获得最高的链路利用率（至少在 80% 以上），当数据包大小为 1500 字节时，其传输效率可达 98%，对 IP 协议而言，这种传输效率可以大大提高 IP 网的性能。然而，POS 技术的缺点是带宽分配不够灵活，而且造价成本很高。

核心层包括网络中心节点和出口节点。核心层的功能主要是实现骨干网络之间的优化传输，核心层设计任务的重点通常是冗余能力、可靠性和高速的传输。网络的控制功能、网络的各种应用应尽量少在核心层上实施。核心层一直被认为是流量的最终承受者和汇聚者，因此对核心层的设计以及网络设备的要求十分严格。

5.1.1.3 接入网络

网络接入层的设计应该具有以下几个特性：

（1）网络部署的灵活性。接入层网络是对最终用户的覆盖部分，要具有随着用户的需求变化而变化的能力，这种能力又体现在网络的灵活扩展、堆叠能力、跨设备链路聚合等众多方面。

（2）接入层网络要具有业务的接入、控制能力，对不同种类的接入业务要具有识别的能力，能够提供实时性高的业务，能够给予更高 QOS（服务质量保证）保障，对于生产监控调度等敏感性数据要具有网络隔离保护能力。

（3）要具有对用户管理控制能力。接入到网络中的用户、主机都可能出现有意或者无意的攻击行为，例如用户电脑冲击波病毒等对网络造成的攻击风暴，接入层网络作为用户的直接接入者要具有精细的端口控制、隔离能力，才可以在用户接入前、接入中、接入后进行必要的认证、监控和审计。

（4）接入层网络还要有简单、方便的设备管理能力。接入层网络覆盖地区广、用户设备分散，建成后的维护工作量大，所以简单、易用以及图形化的远程管理能力是减少维护工作量、降低维护成本的最有效的手段。

（5）接入层网络所使用的设备应具有较高的性能价格比，即以较小的端口代价获得安全、稳定的接入端口。

集团公司接入网络分为2种类型，集团内部各单位办公网络采用综合布线系统实现百兆到桌面，家庭接入采用拨号、ADSL以及FTTB + LAN 3种方式。

5.1.1.4 Internet接入

作为集团公司，通常需要采用多条线路接入Internet，以保证网络的畅通，提高其健壮性。在多条链路出口之间通过负载均衡器进行流量管理。当系统正常运行时，各条链路同时提供服务，保证外部用户数据包从哪一条链路进来从哪一条链路回去，保证内部用户选择最优链路访问外部资源。当一条链路出现故障时，系统可进行自动切换到其他链路，保证用户能持续得到可靠、稳定的Internet服务。

5.1.2 网络管理与安全

5.1.2.1 网络管理

由于集团公司计算机系统是一个分级分散的大型城域性网络，因此网络管理不是一个局部性的工作，但仅仅依赖于集中式的网管系统也很难对整个网络实施有效管理的。为确保整个网络的通畅，及时定位、快速修复网络故障，必须对整个网络实行全面管理，从而做到对整个网络的运行状况了如指掌。

对于矿业集团这样地域宽广、用户量大的超大型计算机网络，分布式管理是一种比较好的解决方案。一个灵活的分布式管理系统不仅能提高管理效率，强化管理的安全性，同时也更有利于逻辑集中。基于协作关系的分布系统，使全局性的管理工作更加明确、更加简单、更加实用。

1. 网管中心的总体建设目标

（1）集团公司网管中心主要负责骨干网和核心服务器群的管理，并具备对下级网管中心进行监督指导的技术手段和工具。

（2）二级网管中心的主要职能是确保本单位和集团公司之间的网络畅通和数据的完整接收与上传，并具备对三级网管中心进行监督指导的技术手段和工具，同时在网络管理上发挥承上启下的纽带作用。

通过各级网管中心的分工协作，对整个集团计算机网络的配置、故障、性能、状态实现集中指导下的分级分布式管理。

2. 网络管理系统总体要求

（1）网络管理功能。全网管理中心设在集团公司网络中心，在各个二级下属单位设立二级网管中心，进行分布式管理。网络管理软件能够实现对网络的拓扑管理、状态监控、性能管理、故障管理和配置管理；支持矿业集团计算机网络信息系统跨地域的各分支机构局域网内部可能存在的IP地址重叠情况，同时还具有分布式管理的能力。

（2）服务器监控。在各级网管中心对应用系统的服务器进行监控，包括服务器状态、重要性能参数、进程状态、文件变化等内容，以保证服务器的正常运行。在出现问题时，能够及时报警，并根据需要，对不同的管理员采用不同的报警方式，确保在最短时间内获得问题产生的原因。

（3）故障管理。在各级网管中心建立故障管理系统，收集各种管理功能产生的故障

事件，并根据需要按照事件类型、事件源对事件进行分类显示。故障管理系统主要完成事件收集、事件过滤、事件关联和事件处理等功能，以实现对故障的快速处理。

（4）软件分发管理。在各级网管中心对矿业集团应用系统的服务器进行集中的软件分发管理，管理员在中心完成软件的打包、下发、确认等软件更新管理工作，以实现快速软件部署。

（5）资源管理。在各级网管中心对应用系统的资源进行统计，包括软件、硬件配置信息。资源信息存放在关系数据库中，管理人员可以通过资源管理系统进行资源查询。

（6）远程控制管理。在各级网管中心对各级应用系统的服务器进行远程控制，实现远程技术支持。通过远程控制，中心管理员能够获得远程机器的键盘、鼠标和屏幕，监视或控制其操作，并可以通过对话框与对方通信，远程下发给对方需要的文件，从而实现对远程服务器的支持。远程控制管理应能够在广域网上工作。

（7）存储备份管理。在各级网管中心对主要应用系统的服务器进行数据备份，包括重要的文件和应用数据，如数据库数据，以保证在出现故障时，能够进行数据恢复。备份管理将根据管理策略，自动定时进行备份管理操作，并且进行服务器在线备份。

（8）决策分析管理。在各级网管中心对网络系统的管理信息进行汇总和相关的决策分析，以便全面地了解网络系统运行的状况，发现可能的隐患，为提高管理水平提供决策信息。

3. 网络管理系统的功能

网络管理系统应包含网络配置管理、网络故障管理、网络性能管理、网络安全管理和网络自动化管理等主要功能。

5.1.2.2　网络安全管理

矿业集团公司的信息网络系统在规划、设计和建设开发应用初期，就必须重视网络安全和信息安全，一般需要网络信息安全方面的专家教授及专业公司进行规划设计。矿业集团网络与信息系统的安全一般应解决以下几个问题：物理链路安全问题；网络平台安全问题；系统安全问题；应用的安全问题；管理安全问题。

1. 网络和信息安全体系设计原则

由于集团信息系统涉及整个工程的各个层次，网络和信息安全的设计应该遵循以下原则：①整体安全；②有效管理；③合理折中；④责权分明；⑤综合治理。

2. 网络和信息安全体系结构

根据上面分析及其设计原则，信息系统的安全体系结构如图11－5－1所示。该模型由安全服务、协议层次和系统单元3个层面描述，且在每个层面上，都包含安全管理的内容。该模型在整体上表现为一个三线立体框架结构。

5.1.2.3　具体实现

在矿业集团信息系统的安全实现中，通常需要综合使用备份技术（数据镜像、备份线路、备份设备）、VLAN技术、IP地址绑定、ACL技术、负载均衡技术、防火墙技术、NAT技术等构建集团公司网络安全防范系统。使用VPN技术，以实现企业驻外机构和移动用户访问企业Intranet资源的数据保密通信，构建企业内部保密通信子网；使用先进的网络入侵检测系统和安全评估系统，实现网络入侵检测预警和安全评估机制。

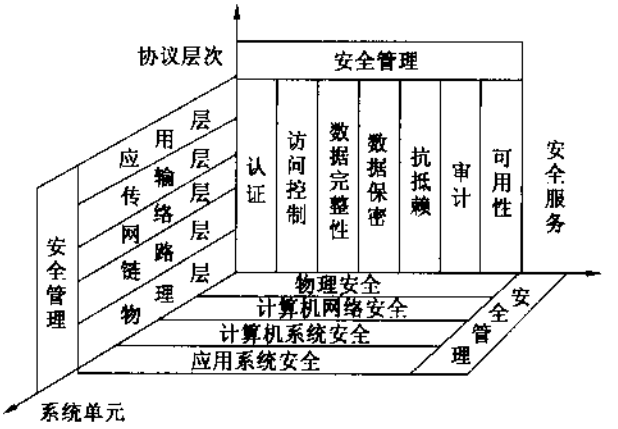


图 11-5-1 信息系统安全体系结构

1. 网络安全防范

(1) 网络优化。

(2) 防火墙设备配置。

(3) 安全策略的实施。

2. 网络数据保密

(1) 互联网、ADSL 和拨号用户的 VPN 解决方案。

(2) 构建保密通信子网。

3. 入侵检测系统

选用金诺网安入侵检测系统，分别放置在 SSN 区域、中心交换机的监控口上，重点保护子网所在的 VLAN 网段。

4. 安全评估系统

在集团公司网络系统中，还需配备一套安全评估软件，定期对局域网内的服务器、网络设备、安全设备进行扫描，及时发现网络系统中存在的弱点和漏洞，并采取相应的补救措施。扫描内容包括服务器的设置是否合理、防火墙的规则配置是否得当、路由器的路由表是否能被轻易修改等。该安全评估软件可以从不同的角度对网络进行扫描，可以安装在管理网段的一台机器上，也可以安装在笔记本电脑上，从外部网络扫描内部网络，或者从内部网络对里面的安全设备进行扫描。

5.1.3 企业数据中心系统

在企业信息化中，建立安全、可靠、高效的数据中心系统是至关重要的。数据中心系统涉及主机系统、存储备份系统、相关的操作系统平台以及数据库平台的设计，其核心是数据的存储备份。

5.1.3.1 主机系统

考虑到系统软件和可靠性等诸多方面的实际情况，数据中心分为两类服务器：一类是数据库服务器，另一类是应用服务器。其中，数据库服务器由于要求高性能和高可靠性，可由多台小型机组成集群系统，提供 24×7 不间断的数据存取服务；应用服务器则根据各

个应用系统需求不同，可分别配置不同性能的 PC 服务器。

5.1.3.2　操作系统平台

集团公司中心机房小型机一般可使用 UNIX 操作系统；其他 PC 服务器一般可采用 MS Windows 或 LINUX 服务器版操作系统，工作站及个人微机可使用 Windows 桌面操作系统。

5.1.3.3　数据库系统平台

数据库系统应着眼于大型数据库，能实现海量数据存储与处理；有良好的兼容性，采用标准 SQL，能与其他数据库系统兼容；可移植性强，能运行在很宽范围的硬件上和 VMS、DOS、UNIX、Windows 等多种操作系统平台上；能与多种通信网络相连，支持各种协议（TCP/IP、DECnet、LU6.2 等）；能提供多种开发工具，方便用户进行进一步的开发。

1. 集团公司级数据平台设计

集团公司级数据平台的任务就是把所需要的海量的、异构的数据整合，进行数据结构转换、数据转储和数据定期刷新，并将其集成为一个综合信息的数据仓库，如图 11－5－2 所示。

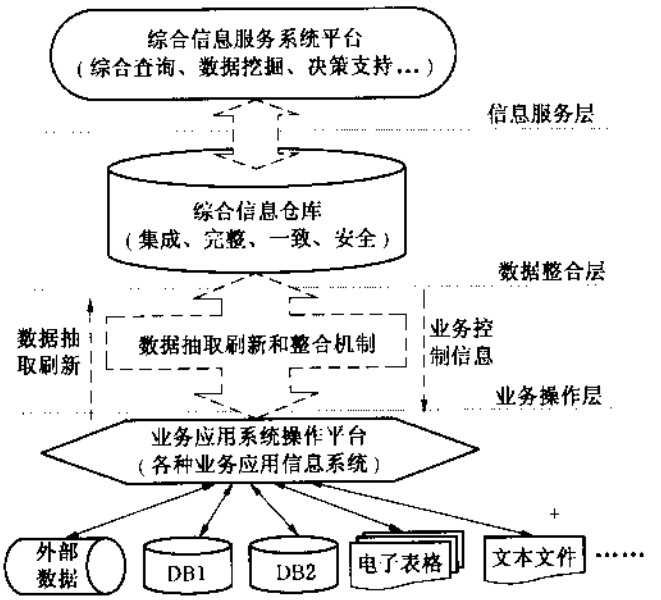


图 11－5－2　集团公司数据平台设计

数据仓库系统是对进入数据仓库的原始数据进行抽取、转换、过滤、清洗等操作，以及对数据仓库中存储的数据进行更新、管理、使用、表现等的相关软件工具进行集合，以支持数据仓库应用或管理决策。数据仓库系统主要包括数据源、数据准备区、数据仓库数据库、数据集市以及各种管理工具等，其结构如图 11－5－3 所示。

数据仓库系统是在异构数据库系统基础上建立起来的，这里所说的异构数据库系统是相关的多个数据库系统的集合，可以实现数据的共享和透明访问，每个数据库系统在加入

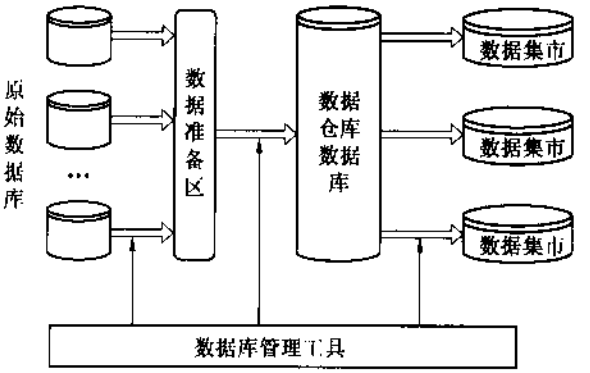


图 11-5-3 数据仓库系统

异构数据库系统之前本身就已经存在，拥有自己的 DMBS。异构数据库的各个组成部分具有自身的自治性，在实现数据共享的同时，每个数据库系统仍保有自己的应用特性、完整性控制和安全性控制。

对于异构数据库系统，实现数据共享应当达到 2 点：一是实现数据库转换；二是实现数据的透明访问。利用系统所提供的数据库转换工具，可以将一种数据库系统中定义的模型转化为另一种数据库中的模型，然后根据需要再装入数据，这时用户就可以利用自己熟悉的数据库系统和熟悉的查询语言，实现数据共享的目的。

2. 矿级数据平台设计

数据源是数据仓库的原始数据来源，是数据仓库建立的数据基础。这里的数据源分为来自企业内部数据源和企业外部数据源两大类，其中来自各矿的实时监测数据和历史数据占有很大的比例。各矿在建立统一的数据平台时，主要做的工作是进行原始数据采集，然后对各单位数据库系统进行错误数据清理。原始数据的采集一部分是通过煤矿井下一些传感器采集的数据，主要是一些瓦斯数据以及突出参数数据等；另一部分则是来自管理人员的相关数据的录入，也包括一些视频、图像数据的采集。这些数据又可划分为实时数据和历史数据。由于这些数据差异巨大，各矿应按照对数据库对象的命名规范统一录入，建立数据库的物理模型，确定数据库索引策略，进行数据仓库数据量的估计和物理设计的具体实施。建立物理模型时，不仅要考虑最小粒度的数据，而且要考虑聚集数据和预处理数据。

5.1.3.4 存储备份系统

通过建立异地数据中心系统或其他相关技术，对集团公司网络中心集群数据系统建立数据备份、恢复系统和容灾系统。

设计原则为：

（1）集中化的数据存储架构；

（2）高 I/O、高性能的存储架构；

（3）可保护投资的存储架构；

（4）高可用性与高数据安全性；

（5）灵活的扩展性；

（6）简单易用的管理工具。

5.1.4　其他辅助系统

5.1.4.1　综合布线系统

综合布线系统是网络实现的基础，是一个能够支持话音、图形、图像、数据多媒体、安全监控、传感等各种信息的传输，支持UTP、光纤、STP、同轴电缆等各种传输载体，支持多用户多类型产品及高速网络应用的电信布线系统。

1. 综合布线系统特点

实用性：能支持多种数据通信、多媒体技术及信息管理系统等，能够适应现代和未来技术的发展。

灵活性：任意信息点能够连接不同类型的设备，如微机、打印机、终端、服务器、监视器等。

开放性：能够支持任何厂家的任意网络产品，且支持任意网络结构，如总线形、星形、环型等。

模块化：所有的接插件都是积木式的标准件，方便使用、管理和扩充。

扩展性：实施后的综合布线系统是可扩充的，以便有更大需求时，很容易地将设备安装接入。

经济性：一次性投资，长期受益，维护费用低，整体投资达到最少。

2. 布线系统的构成

建筑群主干子系统：提供外部建筑物与大楼内布线的连接点。EIA/TIA569标准规定了网络接口的物理规格，实现建筑群之间的连接。

设备子系统：EIA/TIA569标准规定了设备间的设备布线。设备子系统是布线系统最主要的管理区域，所有楼层的资料都由电缆或光纤电缆传送。通常，此系统安装在计算机系统、网络系统和程控机系统的主机房内。

垂直主干子系统：它连接通信室、设备间和入口设备，包括主干电缆、中间交换、主交接、机械终端和用于主干到主干交换的接插线或插头。主干布线要采用星形拓扑结构，接地应符合EIA/TIA607规定的要求。

管理子系统：此部分放置电信布线系统设备，包括水平和主干布线系统的机械终端等。

水平支干线子系统：连接管理子系统至工作区，包括水平布线、信息插座、电缆终端及交换。

工作区子系统：工作区由信息插座延伸至站设备。工作区布线要求相对简单，这样就容易移动、添加和变更设备。

5.1.4.2　UPS电源系统

电池的选择：为保障中心机房的可靠性，电池的可靠性是关键指标之一。集团公司采用UPS和电池的一体化设计方案，实现UPS和电池的最佳配合，充分延长电池寿命，保障中心机房电力供应。

电池容量计算：通常网络机房电池后备时间为每台UPS满载工作30min，据此来计算电池容量。

5.1.4.3 过电压保护系统

（1）外部防雷系统。避雷针（或避雷带、避雷网等）、引下线和接地系统构成外部防雷系统，主要是为了保护建筑物免受雷击。

（2）内部防雷系统。内部防雷系统则是防止雷电和其他形式的过电压侵入设备造成损坏，在需要进出的各种保护区的电缆、金属管道等都要装设避雷器及过电压保护器，并实行等电位连接。

（3）电源设备的分层保护。一般电气设备都具有一定的耐雷水平，不同产品耐过电压标准不同（IEC1000 标准 1～4kV）。如果电源进线的暂态过电压超过其标准值，将使其损坏，所以对电源系统应进行分级保护。

（4）终端设备的浪涌保护。

5.1.4.4 机房环境工程系统

矿业集团信息化基础设施的建设很重要的一个环节就是集团公司中心机房的建设。一方面中心机房建设要满足计算机系统网络设备安全可靠、正常的运行需求，延长设备的使用寿命，提供一个符合国家各项有关标准及规范的优秀技术场地；另一方面，机房建设给机房工作人员提供了一个舒适典雅、轻松高效的工作环境。

集团公司中心机房建设项目除了上面介绍的综合布线系统、UPS 电源系统、过电压保护系统外，还包括以下工程和系统：防静电地板的铺设；天花墙体的装修；隔断装修；空调系统；新风系统；门禁及考勤系统；漏水检测系统；机房环境及动力监控系统；气体消防系统；接地系统；屏蔽系统。

5.2 综合信息应用平台

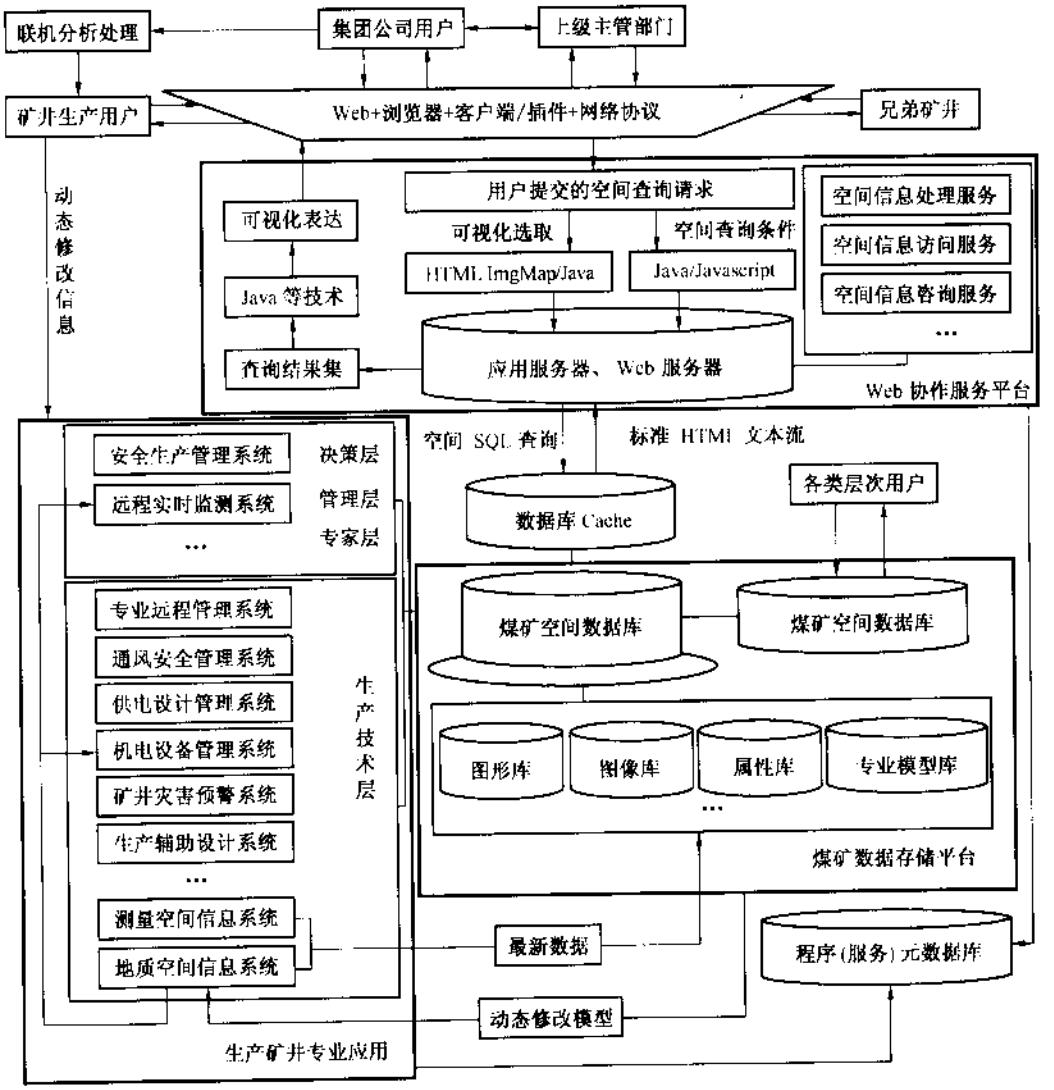
综合信息应用平台主要包括：安全生产技术管理平台、安全生产调度指挥系统平台、经营管理信息平台、协同办公（办公自动化）平台以及专家决策支持系统等 5 部分。

5.2.1 基于 GIS 的生产技术管理系统

生产技术管理信息系统是在网络环境下基于统一的 GIS 平台，并集地测、通防、机电、调度、采矿设计、设备管理与供电设计等专业于一体的系统，系统支持专业数据处理、资料管理、综合业务信息查询和发布、矿井信息统一监测等。系统是一个典型的多部门、多专业、多层次管理的围绕地质、测量、通风、安全数据变化管理的空间信息共享与 Web 协作平台。

系统以地测技术管理系统开发应用为起点，兼顾生产系统集成，逐步完成作业规程管理、采掘接续管理、通风管理等信息系统的建设和集成，将大量的与安全生产相关技术资料集中管理，形成集团安全生产技术知识库，便于全面、实时地对生产技术进行决策管理。生产技术管理信息系统平台体系结构如图 11－5－4 所示。

三层客户/服务器结构（数据库层、应用服务层和用户界面层）是目前处理大型系统的具有高度可伸缩性的分布式计算模式。它将整个系统按数据库、业务逻辑（包括应用服务器、Web 服务器等）和用户界面三层功能进行组织。其中用户界面仅处理用户的输入、数据的采集，以及分析、查询、统计等结果的显示；业务逻辑处于数据库管理系统与用户界面之间，起到对数据库查询、更新、统计、分析、计算、发布等作用；数据库管理系统用于处理系统中元数据的管理、数据表的管理等。这种计算模式适用于庞大的基于网



注：各类层次用户在信息共享与 Web 协作过程中，先访问空间元数据库以获取相关数据信息。

图 11-5-4　生产技术管理信息系统平台体系结构

络的系统应用，具有很强的伸缩性，适应于煤矿安全生产技术综合管理信息系统，可作为该系统的主体计算模式和系统结构。实现该计算模式各层间遵从统一的分布式计算协议是非常重要的，这些协议包含分布式计算平台、COM、标准的 TCP/IP 和 HTTP 协议以及用于共享的 NFS 系统。这些层可能位于系统网络中的不同或者统一物理机器上，但无论如何，他们之间的访问是透明的。

5.2.1.1　地理信息系统（GIS）平台

1. GIS 平台建设的具体目标

1）建设煤矿空间数据存储平台

煤矿空间数据的存储方式有 3 种：①空间数据与属性数据都存放在文件中，由文件系

统管理；②空间数据存放在文件中，属性数据用数据库管理，两者之间建立联系；③空间数据和属性数据统一由空间数据库管理。不同的用户可能有不同的需求，为了给用户提供灵活的空间，煤矿空间数据存储平台应对3种存储方式都给予支持。

2）构建煤矿专业应用平台

煤矿专业GIS平台是整个煤矿空间管理信息系统的核心，负责对空间数据进行处理、编辑、显示、查询、分析等，各煤矿专业应用系统和WebGIS发布系统都是在其基础上建立的。因此，GIS平台要具备先进的体系结构，可重用、可扩展性强，同时提供强大的二次开发能力。

煤矿空间信息管理涉及地质、测量、水文、储量、采矿、通风、安全、设计、机电、调度等生产环节的信息，不同的专业、部门或者不同的应用层次都有自己特定的需求，因此要在统一GIS平台的支持下，针对不同的需求开发相应的专业应用系统，比如可以扩展应用到采矿设计、供电设计等。

3）建设Web服务决策平台

煤矿空间数据信息多源化，在应用上跨部门、跨地域，要实现矿业集团数据信息共享和现代化管理决策的目标，势必要求建设Web服务决策平台，使得分布在不同地点、不同计算机平台上的用户及时获得煤矿空间数据信息，以实现快速辅助决策应用。

2. 性能指标

（1）将CAD软件的图形编辑功能与GIS软件的数据管理、查询和空间分析功能有机结合起来。

（2）采用先进的组件式开发技术，减轻系统维护的工作量，增强系统的稳定性与可扩展性；实现地质、测量、采矿、通风、设计、供电、安全等专业功能的组件化，用户可依功能需求实现灵活定制。

（3）提供灵活的数据存储方式，完全支持空间数据库，实现真正意义上的煤炭各专业数据共享与多源数据无缝集成。

（4）具有强大的二次开发能力，二次开发接口丰富。

（5）提供全自动、交互式等地图矢量化功能，解决煤炭信息化中数据采集的瓶颈问题。

（6）建立完善的、符合煤炭行业规范的标准专业符号库，同时为用户提供方便的图例制作和管理工具。

（7）系统具有精美的地图显示效果，提供强大的地图排版布局环境，支持打印预览和裁剪打印输出，并支持各种型号的打印机和绘图仪。

（8）利用先进的WebGIS技术，实现煤矿空间数据的网络化管理；实现基于WebGIS的远程监测监控（如瓦斯监测点、导水断层、采空区等）与数据集成和预警应用。

（9）用户能够自动定义属性表的格式和内容，极大地方便基于图形的属性查询。

（10）支持与AutoCAD，MapGIS，MapInfo等系统的数据转换，提供明码交换格式。

（11）系统提供命令行支持，所有操作均可以通过命令行完成，同时支持中英文命令。

（12）提供点、直线、折线、曲线、矩形、多边形、圆弧、注记、椭圆、椭圆弧等的绘制，在绘制过程中，均提供鼠标、键盘输入方式，且命令可以嵌套，操作方便、快

捷。

（13）视图操作具有放大、缩小、自由缩放、平移、显示全图的功能，提供滚轮缩放、鼠标中键平移、键盘平移等快捷操作方式。

（14）系统提供强大的捕捉功能，具有结点、离散点、圆心、节点、交点、边界点、垂足、中点、切点、象限点等捕捉方式，且捕捉参数（包括捕捉半径、捕捉标记大小、捕捉标记颜色、捕捉等待时间等）可以灵活设置。

（15）图形参数匹配功能具有类似于 Word 的格式刷功能，可以方便地编辑、修改实体的基本信息。

（16）具有方便的实体编辑、修改功能，如删除、复制、移动等。

（17）具有丰富的标注功能，包括线性标注、对齐标注、角度标注、半径标注、直径标注、引线标注、坐标标注、标高标注，所有标注均可以灵活设置各种参数。

5.2.1.2　三维可视化系统

矿井三维可视化系统利用矿井实际数据，采用三维可视化技术和各种实体建模技术，构建井上下三维可视化环境，并能够通过与其他系统的接口（如瓦斯监测系统、工业电视系统等），显示监测、供电等实时数据，浏览、查询井下设备的各种参数和实时状态信息。

三维可视化系统主要包括工业广场三维可视化、巷道三维可视化、煤层三维可视化、三维井上下对照、井巷工程进度可视化、井下设备三维可视化与管理、基于三维巷道的井下监测信息、危险源和分布区域可视化、三维漫游、三维剖切、三维线路展示、基于三维巷道通风避灾的三维动画显示等功能。

5.2.1.3　地测空间管理信息系统

地测系统应具备地测采台账的录入与处理、图形的录入与处理、三维地质建模、储量管理、三维可视化管理、工程图形的自动生成、辅助地质报告修编等功能。

1. 系统组成

面向生产矿井技术层面用户的主要有：

（1）地质数据库管理信息系统；

（2）测量数据库管理信息系统；

（3）三量（储量）数据库管理信息系统；

（4）水文数据库管理信息系统；

（5）地质图形子系统（包括地质、水文平面和剖面图）；

（6）测量图形子系统；

（7）素描及回采工作面图形子系统；

（8）图例库子系统。

面向生产矿井或集团公司的管理决策层用户的主要有：

（1）地测数据远程管理子系统；

（2）图形远程管理子系统；

（3）信息发布子系统。

2. 主要技术特点

（1）界面统一：所有的 CAD、GIS、数据库管理、三维可视化、输入输出等功能集成

于同一界面，操作简单。

（2）系统开放：除了专用数据库外，所有的数据库，符号库、线型库、岩性库等都是开放的，而且系统采用的所有文件都是文本（ASCII）文件，开放程度达到最高级。

（3）基础完备：系统自带了符合行业标准的符号库、线型库、专用数据库。

（4）容错性好：系统几乎在每一个环节都带有纠错和提示功能。

（5）兼容性强：无论是数据库还是图形文件均具有较强的导入导出功能。

（6）完备的三维化：对于地测领域的任意对象几乎都可以进行三维建模，并进行渲染。

（7）自动化程度高：由基础数据可以直接成图。

（8）地测系统是一个完整的地测地理信息系统，而不只是一款地测制图软件，可为采掘、通防、给排水、输配电、运输提升、安全管理等提供地质保障。

3. 主要功能

（1）数据管理集中、分布处理。

（2）具有完备的二维 GIS 平台功能，可以为其他系统提供基础图形和属性数据，实现各专业的动态联动。

（3）具有强大的矿山测量数据处理功能，主要包括联系测量计算、测量平差、贯通误差预计、各种投影变换和换带计算等。

（4）满足生产报表的处理和打印：地测系统的报表完全采用自定义模板实现管理，可以导出为 Excel 等。

（5）基于 WebGIS 实现远程管理。

（6）图形绘制专业化、实用化、自动化。

5.2.1.4 矿井通防管理信息系统

矿井通风是矿山生产的一个重要环节，一个安全、可靠、经济、实用的矿井通风系统，对保证井下安全生产具有重要意义。通防工作的基本任务就是实现按需供风，但由于通风网络的复杂性，只靠人工给出的调节和控制方案，要实现经济的按需供风是不可能的，为了加强通风管理，提高通防系统的抗灾能力，必须实现通防系统的信息化管理。矿井通防管理信息系统应具有各种图形的自动生成、风网管理、风机管理、故障诊断和灾变处理等功能。不仅要使矿井通风系统建立在完善的地理信息系统基础上，而且要实现与地质测量系统、采掘系统和供电系统的信息共享。

智能化矿井通防系统以三维地理信息系统为基础，主要组成及功能包括：

（1）图形生成系统。

（2）数值计算系统。

（3）可视化管理。基于矿井通防地理信息系统，实现包括监测监控数据库、风机数据库、风网数据库、瓦斯数据库、火区数据库、粉尘数据库、通防设施数据库、设备台账数据库、环境参数数据库的可视化管理。

（4）实时在线分析。可以与安全监测监控系统无缝集成，把所采集到的实时数据以组态的方式显示到通风系统图和网络图上，实现监测系统动画显示，并关联到通风系统中，实现在线分析，为故障诊断和危险源辨识提供依据。这样，不仅可以实现一通三防的 GIS 管理，而且可根据通风系统的自动化程度（主要指风门、风窗、风机自动控制功能），

实现远程控制。

5.2.2　安全生产调度指挥应用系统

建立局矿两级的安全生产调度指挥平台，在综合自动化矿井建立以综合自动化为核心的“管控一体”的安全生产集控信息系统，在非综合自动化矿井建立适应安全生产调度需求的调度指挥系统，并实现两级调度指挥系统的联网运行，及时将井上、井下的各种监测监控信息反映到业务操作层、管理层、决策层，为调度指挥提供全面的实时信息。

5.2.2.1　基于 Web 的安全生产管理信息系统

基于 Web 的安全生产管理信息系统，整体集成地质测量、生产调度、生产技术、矿井安全、一通三防、质量标准化和机电管理等专业数据，并实现输入、计算、统计、分析和输出，基于 WebGIS 实现矿山各类图件的远程查询、测量和分析等功能。系统具有美观大方的界面、通俗易懂的命令、专业定制的权限和实用可靠的应用。运用系统可以全面把握矿井安全生产、调度管理以及机电设备出入库等方面的实时状态，达到领导实时安全可靠地获取数据和信息，实现网上联机决策分析。

基于 Web 的安全生产管理信息系统包括：

（1）地测远程管理信息子系统。

（2）矿井安全管理信息子系统。安全管理信息子系统是根据公司安全管理模式，建立安监机构管理、工伤事故管理、安全管理、安全评估和安全技术培训管理。

（3）质量标准化管理信息子系统。实现质量标准化的网上打分，系统自动汇总并计算相关分数，根据评定标准给出等级。实现评定结果的浏览、查询。

（4）一通三防管理信息子系统。实现矿井通风、防治瓦斯、矿井防灭火、矿井综合防尘等的信息化管理。

（5）远程实时监测管理子系统。实时数据管理系统是对瓦斯、温度、风压等各类数据的实时管理。其数据主要来源于各类井下监测系统，如 KJ 系列、CONSPEC 系列等。基于监测系统的实时数据管理，可以实现瓦斯、温度等各类数据的实时跟踪，一旦发现问题自动报警。

（6）生产技术管理子系统。主要包括工作面信息、巷道信息、生产信息、衔接计划方案、月度衔接计划、年度衔接计划以及生产技术报表等管理。

（7）调度远程管理子系统。主要实现矿井原煤产量、矿井掘进进尺情况、生产准备工作情况、班出勤情况、矿值班情况、基层单位干部跟班情况、调度记录及安全生产三汇报情况、煤炭外运情况等内容的管理；实现对调度图形的分类管理，建立调度图形库；实现对调度图形的远程管理，同时建立调度日常报表管理的数据库，实现对调度日常报表的远程管理。

（8）系统权限管理子系统。通过设置权限组的方式分配权限。首先将用户操作类型进行分类（如增加、删除、更新、下载、浏览、审核、汇总、上报、签发等），然后依据业务流程的需要进行分组，权限管理系统共分 4 组。

5.2.2.2　应急救援指挥管理信息系统

应急救援指挥管理信息系统是以事务管理、分析决策与事件管理为一体的综合信息管理平台。它将单纯依托纸质预案和传统通信手段的救灾指挥方式，提升到利用计算机辅助

决策信息系统指导指挥员实施科学化、智能化指挥，通过基于网络的计算机信息系统，把预案管理与演练、救灾机构与人员物资的管理、救灾指令与应急响应、语音图形与手机短信等有效地融为一体，从而形成应急救援指挥管理信息子系统。

（1）接警子系统。及时地把井下人员上报的事故录入到应急救援系统中，为事故的下一步处理做好准备工作。

（2）自动报警子系统。在事故信息列表中点击所要查看的事故，系统将会在右面显示出报警级别、救援模式、发生时间、汇报人、事故类型、记录人、伤亡情况和事故地点，通过静音选项停止声音报警。

（3）救援启动子系统。救援启动子系统是应急救援指挥管理信息系统的核心部分，在救援启动子系统中专门设置启动授权密码，启动事故救援系统的人员是具有总指挥、副总指挥权限的人员。

（4）图形子系统。在三维可视化系统中，可以通过巷道名称查询巷道所在的位置。在救援的过程中通过图形子系统中显示的通风线路、避灾线路帮助人员营救和井下人员逃生。

（5）执行救援子系统。执行救援子系统的目的是调度室下达救援措施命令后，系统显示出各个机构所需执行的救援措施，各个救援机构可通过“显示本机构救援措施”；查看机构需要执行的措施。

（6）救援资源监控子系统。在救援资源监控子系统中，分别对人员、救护装备和消防材料进行实时地监控。系统专门设计了应急值班注册子系统，每个机构的应急值班岗位都安排有负责人、联系人和值班人，机构人员登录系统可进行应急值班注册。

（7）信息查询子系统。信息查询子系统是指系统为登录人员设置的查询信息系统，主要包括救援预案的信息、事故案例信息、井下在岗人员的信息、救援人员的信息、预案演练信息和事故救援信息。

5.2.2.3 安全监测信息集成系统

安全生产监测监控系统主要装备在生产第一线。安全生产监测监控系统要为安全生产调度提供及时准确的工况图像数据信息，必须在对各个不同系统的数据格式和通信协议分析的基础上，进行系统集成，构建一个开放式、模块化、易扩展的应用平台。基于 Web 的安全生产监测监控信息集成系统，可实现在 Intranet 环境下对各类监控系统的综合集成，使得信息资源和设备资源得到了充分利用。

1. 技术路线

1）系统集成协议模型

系统采用分层的体系结构，将庞大复杂的协议分成不同的层次。系统集成协议模型如图 11－5－5 所示。

协议中每一层的功能不同，下一层向上一层提供服务，每一层本身的功能与下层提供的服务叠加到一起，从而使最高层能为用户提供一组完整的服务，以便实现通信或分布应用。

2）系统集成方案

基于 Web 的安全生产监测监控信息集成系统一般采用如图 11－5－6 所示网络结构。

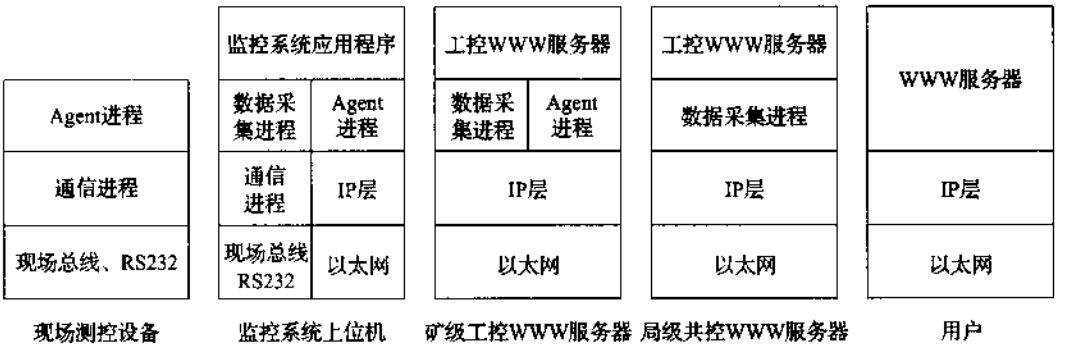


图 11-5-5　系统集成协议模型

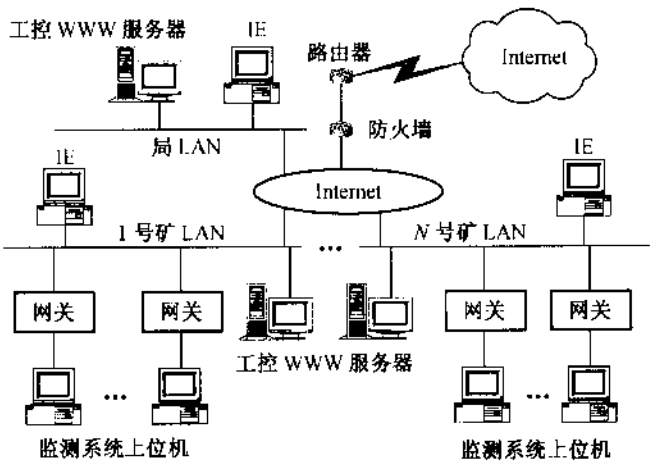


图 11-5-6　系统集成网络结构

各矿的监控系统均通过网关接入该矿局域网络。在矿端工控 WWW 服务器上运行通用 Web 组态软件，把采集到的各监控系统生产安全数据，通过 Internet/Intranet 发布出去。这样矿领导及相关人员就可以在任何地方，使用标准的 WWW 浏览器访问该矿工控 WWW 服务器，查看工业现场的实时数据、历史曲线、报警信息，甚至根据权限进行变量修改或设备操作。

由于集团公司领导及相关职能部门所要求的数据有别于矿方人员，为了减少通信流量，节省网络开销，方便管理，因而在局端也设置一台工控 WWW 服务器。在局端工控 WWW 服务器上同样运行通用 Web 组态软件，能将各矿上报重点数据及信息使用数据同步技术汇聚上来，然后通过 Internet/Intranet 发布出去。这样集团公司领导及相关人员就可以在任何地方，使用标准的 WWW 浏览器访问局工控 WWW 服务器，获取全局信息，当然他们也可以直接访问各矿工控 WWW 服务器，获取更详细的信息。

3）煤矿各类监测监控系统通用接入网关

系统接入网关实现各专用监测监控系统如环境监测系统、束管监测系统等到 IP 网络

的接入。监控系统通用接入网关的总体结构如图 11－5－7 所示，利用嵌入式计算机系统设计接入网关硬件部分。从原理上来看，监控系统通用接入网关具有两类接口——以太网接口和监控系统总线接口。考虑到监控系统通信接口的不同，接口类型有多种，为 RS232、RS485、CAN 等。

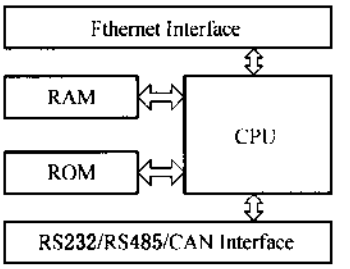


图 11－5－7 监控系统通用接入网关的总体结构

4）实时数据库技术

实时数据库负责整个应用系统的实时数据处理、历史数据存储、统计数据处理、报警处理、数据服务请求等，完成与过程的双向数据通信。数据库与界面系统构成 C/S 模式。各个网络节点上的数据库通过网络服务程序可以构建成复杂的分布式网络应用系统。

2. 主要功能与技术特点

（1）通过网关将各种监控系统接入企业 Intranet，保证监控系统的稳定运行及安全性。

（2）系统具有甲烷、风速、压差、CO、温度等模拟量监测，馈电状态、设备开停、风筒开关、烟雾等开关量监测和累计量监测功能，具有甲烷等超限声光报警、断电状态监测功能和断电/复电控制功能，以及相关监测数据的实时存储、统计等功能。

（3）使用了基于 Web 的工控组态技术，并发完成了适用于煤炭企业监测监控系统的 Web 组态软件，并通过矿、局工控 WWW 服务器发布。

（4）使用组播技术使监控系统数据大大节省了网络带宽、网络开销、主机资源。

（5）OPC 技术将企业 Intranet 和软件结合，改进了系统的开放性和互操作性。

（6）系统具有列表、曲线图和柱状图等多种显示功能，如模拟量实时曲线和历史曲线显示功能，可以使用标准的浏览器软件来查看工业现场的图形显示、历史曲线、报警信息，甚至可以根据权限进行变量修改或设备操作。

5.2.2.4 煤矿无线安全监察系统

煤矿无线安全监察系统，可以解决目前安全生产管理人员及监督部门无法随时随地实时掌握煤矿生产安全情况的问题，实现各地区煤矿安全生产监督管理局及在生产现场以外的管理人员与煤矿之间的安全信息移动互联。煤矿主管领导及管理人员可以随时随地利用手持设备（如手机、掌上电脑等）与煤矿的监控系统进行互联，实时查询当前各监控点的运转状态和各类安全生产统计报表，并能自动接收监控中心发出的各种预警信息。煤矿无线安全监察系统拓扑结构如图 11－5－8 所示。

1. 系统组成

无线安全监察系统由 3 部分组成：手持移动客户端、服务器端和 GPRS 网络接入。在煤矿现有的生产安全监控系统上增加 GPRS 网络接入设备及防火墙软件，在监控中心服务器上安装煤矿无线安全监察系统服务器端软件，可实现随时随地的无线监测，实现省—市—县—煤矿四级安全监测联网，乃至全国联网。

2. 系统功能

无线安全监察系统功能示意如图 11－5－9 所示。

系统包括以下功能模块：权限管理说明，安全值班查询，安全隐患管理，安全监控管

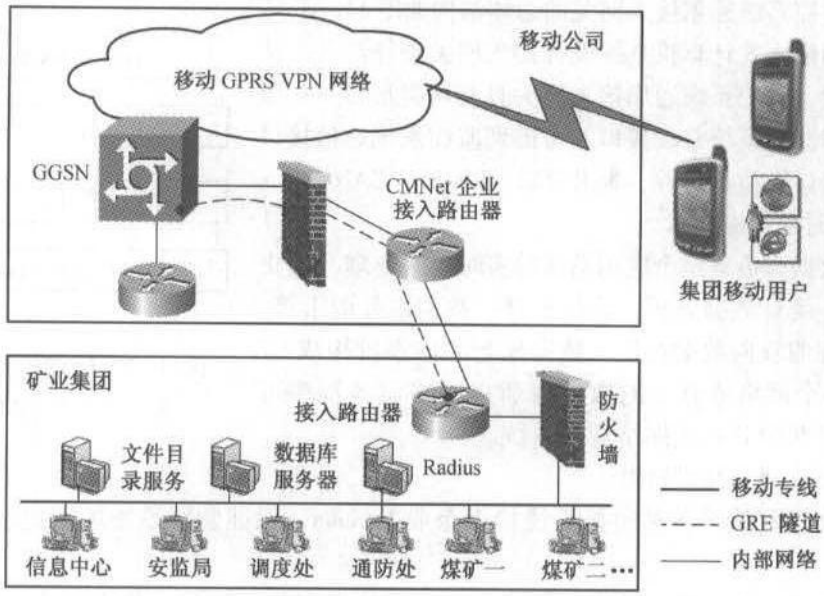


图 11-5-8　煤矿无线安全监察系统拓扑结构



图 11-5-9　无线安全监察系统功能示意

理，通告任务管理，文件资料管理，办公信息管理。

5.2.3　经营管理信息系统（ERP 系统）

经营管理信息系统包括集团财务管理系统、人力资源管理系统、全面物资管理系统、运销管理系统、成本管理系统、设备资产管理系统、工程项目管理系统等与企业经营密切相关的信息系统，可实现企业的报表统计、多维分析，为各级管理人员准确及时地提供覆盖财务、生产、经营等各业务领域的统计分析数据和决策支持信息。

5.2.3.1 集团财务管理系统

1. 管理目标

（1）建立统一、集成、实时共享的财务管理平台。

（2）完善的全面预算管理体系。

（3）实现及时、准确、快捷的会计核算。

（4）加强网上支付、网上结算，实现凭证、货币电子化，以提高结算效率，加快资金周转速度，降低企业资金成本。

（5）规范项目投资管理和核算体系。

（6）强化资金管理。

（7）建立财务预警系统，防范风险。

（8）为企业决策提供有价值的会计信息。

2. 系统架构

财务日常工作与业务集成的关系如图 11－5－10 所示。

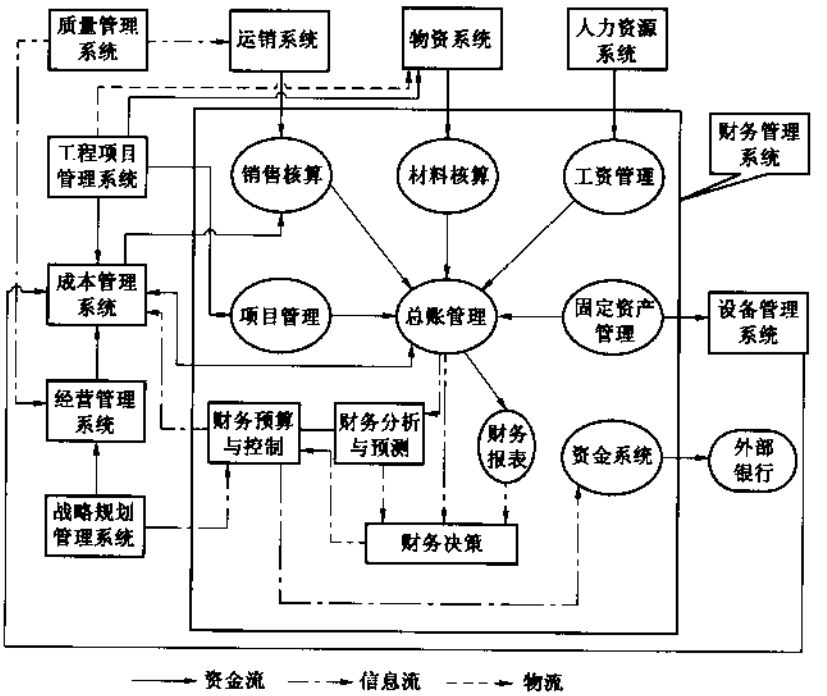


图 11－5－10 财务日常工作与业务集成的关系

3. 系统组成

1）基本账务处理

账务处理所完成的主要工作是基本的会计核算，主要包括：凭证制单、审核和记账，各种账目的查询打印，以及月结等工作。

2）资金管理（内部结算管理）

资金管理的目标是安排资金资源，有效控制资金使用，加速资金的周转，使有限的资

金得以充分的利用，并获取最佳的经济效益。企业的资金管理可以引进银行机制，成立内部银行、结算中心或核算中心与账务处理相结合，实现资金的有效管理。

资金管理应满足集团结算中心、普通财务部门、各分公司的财务业务核算要求，有方便的贷款、存款利息计算功能，可将计算的利息、各种收款、各种付款方便地生成记账凭证。该子系统必须适用于集团的集团财务管理和财务核算，能充分适应企业数据量大、管理要求高的特点。

3）往来账管理

往来账管理能够方便、灵活、快捷、多角度地分析应收、应付账款，能解除集团应收、应付账款管理中遇到的困难，解决集团如何利用商业信用融通资金，在适当的时机支付供应商的货款，建立良好的企业信誉形象。

4）工资管理

工资管理支持根据集团的需求定义相应的工资数据内容，可以满足一个月多次的工资计算发放、银行代发等需求；自动计算个人所得税、公积金；自动完成工资费用分摊与计提；并具有人事管理系统中的一些功能（如对各种年假、病假等考勤信息的辅助管理等）。工资管理模块中处理的工资数据和考勤人员管理的考勤等数据可进行分别录入和查询，从而增加了工资数据的保密性。工资核算后可计提结转福利费和有关基金供账务处理子系统。

5）固定资产管理

固定资产管理可全面完成集团进行的固定资产的核算及管理，包括资产卡片建立、折旧方法的自定义、资产增加和减少、资产变动、折旧计提与分摊、固定资产减值准备的处理、自动生成记账凭证。还应包括固定资产的使用情况、维护费用、人员占用情况、固定资产使用效率等原始数据的录入，以备财务决策和项目管理使用。

6）投资管理

投资管理实现集团对内、对外投资的引导、分析和管理。

7）项目管理

以合同管理为核心，通过核算业务，实现对项目的收款、拨款、核转销售收入、实现收益、成本支出、利润等进行分析、统计和审核，依据项目的实施过程对项目的资源占用和实现经济目标进行对比分析。

8）财务分析

财务分析以集团财务报告反映的财务指标为主要依据，对集团的财务状况和经营成果进行评价和剖析，以反映集团在运营过程中的利弊得失、财务状况及发展趋势，为改进集团财务管理工作和优化经济决策提供重要的财务信息。财务分析主要包括偿债能力分析、营运能力分析和盈利能力分析。

9）财务预测

财务预测是根据财务活动的历史资料，考虑现实的要求和条件，对集团未来的财务活动和财务成果做出科学的预计和测算。财务预测主要包括销售预测、成本预测和资金需要量预测。

10）财务决策

财务决策是财务管理的重要组成部分。在财务目标的总体要求下，以财务管理信息和

财务预测的结果为基础，建立有效的财务数据库，通过专门的方法从各种备选方案中遴选出最佳方案或对财务活动方案进行取舍，为集团筹资、投资和日常资金营运管理决策提供各种支持。财务决策包括资金决策、产品决策、存货决策、投资决策。

11）财务预算与控制

财务预算是一系列专门反映企业未来一定预算期内预计财务状况和经营成果，以及现金收支等价值指标，必须服从决策目标的要求，同时又使决策目标具体化、系统化、定量化，是财务控制的先导，其量化指标可作为日常控制与业绩考核的依据。预算与控制由预算申报审批、预算制定分解、预算执行实时控制、预算定额组成。

5.2.3.2 人力资源管理系统

1. 系统目标

系统目标是建立针对企业特点的包含人力资源管理整个生命周期的人力资源管理信息系统。从人力资源规划、招聘管理到全面的人员信息管理、考勤管理、休假管理、员工绩效管理、薪资福利管理、培训发展管理、离职管理、企业的资源管理等方面，全面提升企业对员工的管控、激励能力，进而为高层管理者提供全面、准确、及时的基于信息的决策支持。在改进现有人力资源管理模式的基础上，结合企业的管理特点，建立一套科学、完整、操作性强的人力资源管理信息系统。

2. 系统组成

（1）人力资源规划管理。人力资源规划就是以完成集团公司的预定任务为目标，以现有人力资源信息为基础，在定岗定编的前提下对各岗位的人力资源信息进行分析，从年龄结构、知识结构、能力层次结构等各方面对今后一段时间内需要的人力资源需求进行规划。

（2）劳动合同管理。对员工的劳动合同进行维护，可提供劳动合同的签订、续签、变更、解除、终止等功能。

（3）人力资源调配管理。人力资源调配最根本的目的在实现人与事的配合，达到事得其人、人适其才的目的。具体而言，包括两方面的功能：①岗位的调整，即设立岗位、设计岗位职责等；②人员的调整，即员工招聘、调动、晋升等。

（4）人力资源薪资管理。人力资源薪资体系将通过薪资政策、薪资架构、薪资体系、奖金管理、津贴管理、薪资计算、薪资支付等制度的建设，达到建立合理的薪资管理制度，及时、完整地核定、支付员工应得薪酬，充分利用和发挥薪酬的杠杆作用，激励员工的工作积极性；根据就业市场和同业薪资管理的变化，调整薪资水平，改善薪资管理，达到求才、留才、稳定劳资关系的目的。

（5）人力资源绩效考核管理。绩效考核是收集、分析、评价和传递在岗干部职工在其工作岗位上的工作行为表现和工作结果两方面信息的过程，是对员工工作优缺点的系统性描述。

（6）人力资源培训开发。通过岗位设置管理、人员基本资料管理和绩效考核管理，分析出各岗位的能力需求和员工能力结构之间存在的差异，并据此形成员工培训计划，通过培训、效果考核和成绩评价等过程达到人力资源的开发增值效果。可以分为培训计划和预算、培训过程管理、培训效果考核、培训结果认证等几个模块。

（7）员工工作档案管理。现行的档案所记录的均是员工的静态信息、有关个人行为

的重大结果信息，没有相关的动态记录，员工工作档案记录员工个人工作以来的工作过程及其表现，一是可以动态反映出其进步与退步，二是可以从大局上把握和考察干部，充分发掘企业人才及其工作潜力，三是对其进行最佳岗位调配，真正做到人尽其才，人尽其能。

（8）内部人才交流市场。结合工作档案管理模块，人力资源培训发展模块，在企业内部建立一个循环就业的人才交流系统，将一些能够自行培养人才的工作做细做活，从而有效解决企业人才招聘难的问题。

5.2.3.3　全面物资管理系统

1. 管理目标

根据现行管理体制对信息系统的要求，初步确定本系统应达到的总体目标：

（1）数据采集和物流过程同步进行，物流基本数据应能够及时准确地反应企业内部全部物流业务过程；同时实现信息的可追溯。

（2）使用计算机网络系统传递、加工、储存物流信息，消除冗余加工过程，实现较高程度的信息共享。

（3）通过信息的及时传递，将矿区物资管理的各个环节有机地统一起来，实现物资的“进货、销售、供应、存储、结算、核算”过程的一体化管理。

（4）能够使各级管理层不仅能够跟踪过程，还能及时得到结果，能够根据数据分析结果做出实时决策。

（5）数据能够进行深加工，为企业各级成本核算和成本控制提供信息支持，为更高层次的管理系统提供易于集成的物流信息。

2. 系统组成

（1）基础数据管理功能。基础数据管理功能分为单位管理、供应商管理、物资编码管理、价格管理等几大功能。

（2）计划管理模块功能。计划管理模块功能分为年度计划模块功能、月度计划模块功能、其他计划模块功能（急用料计划功能，临时计划功能，补充储备计划功能）等几大功能。

（3）采购和合同管理模块功能。各个业务科室及供应站根据年度计划、月度计划及其他计划形成的物资采购计划清单，不同的物资，采取不同的采购方式，进行物资的采购及合同的签订。

（4）仓库管理模块功能。该模块是对物资分公司采购物资的到货、检验、验收、发放、配送的过程进行管理。管理功能主要包括：业务批次管理、保质期管理、质量检验管理、即时库存智能管理、赠品管理、虚仓管理、仓位管理、业务资料联查、多级审核管理系数参数设置和完善的系统辅助工具。

（5）系统查询模块功能。物资管理系统中保存着大量的物资分公司的日常业务的各种数据。作为物资采购的大型单位，日常工作的业务数据量非常大，涉及了各种各样的数据需要，因此，物资管理系统中，除了日常工作所需要的简单的数据浏览查询外，还需要根据日常工作的需要，编写一些综合查询。

（6）统计报表模块功能。

（7）系统维护模块功能。系统维护模块功能包括数据结转功能、系统初始化功能、

用户管理功能、系统运行日志管理功能、简单的内部邮件服务功能、简单的消息服务功能。

（8）与其他应用系统的接口。物资管理信息系统中保存着大量的物资管理业务相关核心数据，这些数据在供应管理业务之外也是有较大使用价值的，尤其对集团公司范围内企业管理信息系统的其他一些子系统也是必要的核心数据来源。因此物资管理系统应与财务管理系统、设备管理系统等其他应用系统进行接口。

5.2.3.4 运销管理系统

1. 管理目标

运销管理系统功能覆盖销售计划管理、销售合同管理、运输管理、财务结算管理、市场信息管理、煤质化验管理、称重计量系统等业务环节。同时提供强大的信息分析处理功能，为企业各级管理者提供准确、及时、全面的业务经营信息，为各级管理者的经营决策和业务控制提供帮助。

2. 系统架构

运销业务总图如图 11－5－11 所示。

3. 系统组成

（1）销售合同管理。销售合同管理包括：销售合同制定、销售合同审批、销售合同变更、销售合同跟踪查询等。

（2）销售计划管理。销售计划管理包括：制定年/月度销售计划、审批年/月度销售计划、查询年/月度销售计划、变更月度销售计划等。

（3）销售发运计划管理。销售发运计划管理包括：铁运要车计划、地销月发运计划、地销日发运计划等。

（4）销售发运业务管理。销售发运业务包括地销管理和铁运管理。

（5）煤质管理。煤质管理包括：维护采样记录、维护制样记录、维护煤质化验单、审批煤质化验单、查询煤质化验单、查询煤炭质量情况表等。

（6）销售财务结算管理。销售财务结算管理包括：煤款结算单制定、维护客户回执信息、维护客户预付款信息、应收款台账初始化、查询运费汇总表、制定客户退款申请单、审批客户退款申请单、查询客户退款申请单、内部结算管理财务接口等。

（7）市场信息管理。市场信息管理包括：制定客户档案、维护客户访问档案、维护同行档案、维护煤炭市场行情表、维护客户资质评价信息、查询客户档案、查询客户访问档案、运销信息发布和查询等。

（8）产品库存管理。产品库存管理包括：初始化产品库存、开产品入库单、开其他出库单、查询产品库存、查询生产入库单等。

（9）销售业务统计分析。统计分析功能综合提供各种功能，反映企业每日/每月的产销存情况。

（10）网上销售管理。电子商务系统由网上注册、资质审查、产品发布、网上报价及议价、网上下订单、网上催货、销售合同查询等功能组成。

（11）现场管理与视频监控。现场管理与视频监控系统要求在煤场、地销煤过磅过程进行实时监控，在需要的室外监控点设置可以日夜拍摄的摄像头。通过网络将监控图像传送到集团公司运销业务部门的计算机上，通过安装在计算机终端上的监控软件可以实时的

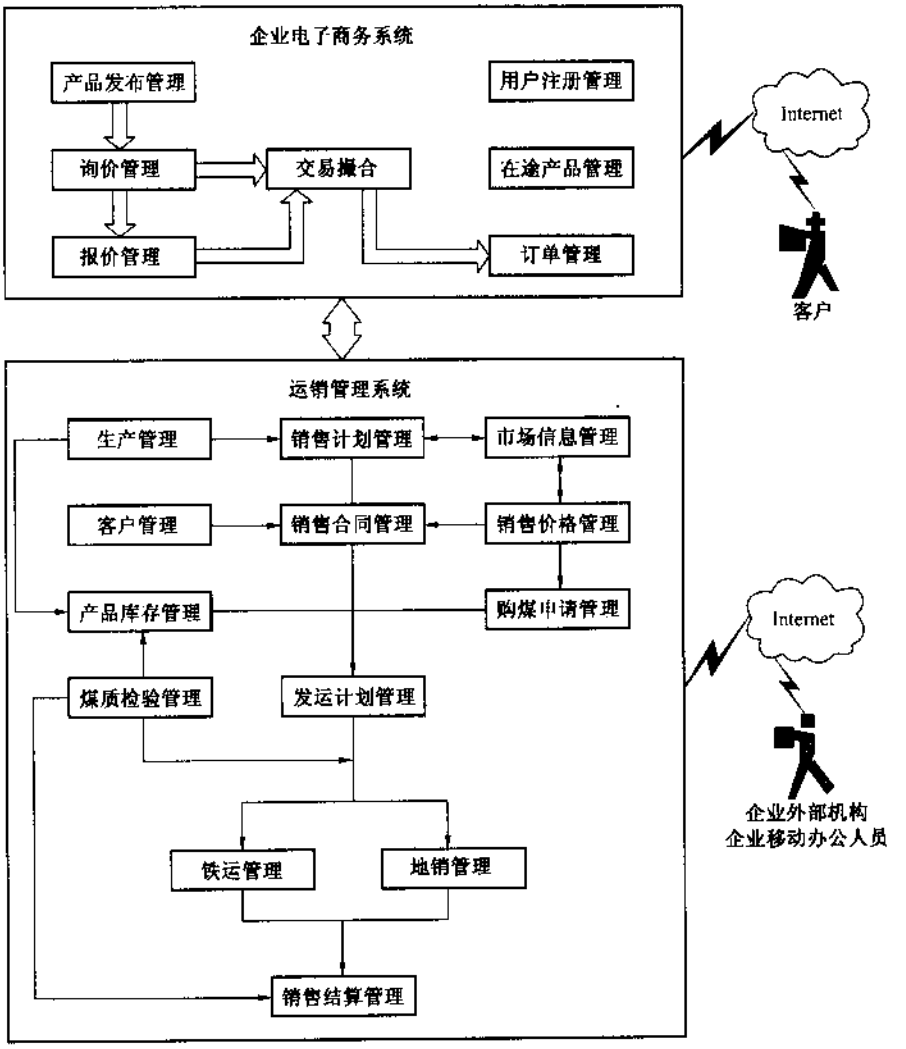


图 11-5-11　运销业务总图

观测到监控点传送来的图像。其他有观看权限的用户也可以在任意的地点通过网络察看监控摄像。

5.2.3.5　成本管理系统

1. 管理目标

1）强化定额管理体系

根据工程的实际发生情况逐步修正工程定额，使得工程定额逐步完善并逼近企业的生产实际，逐步达到准确计划，及时跟踪控制。

2）细化成本计划及考核管理

依据成本计划指标跟踪、控制、考核各个工程项目的实际执行过程，将企业的成本控制体现在日常的生产过程中，实现事前测算、事中跟踪控制、事后考核的管理模式。

3）支持成本分析优化

把实际生产的成本费用消耗和成本定额中的各项费用的定额指标进行对比分析和考核，发现两者间的超节量，分析超节的原因。同时也可对不同时期发生的成本费用进行对比，对整个成本费用中的各个成本项所占的比例进行构成分析，从而为管理者进行成本跟踪控制提供强有力的帮助

2. 系统架构

业务关联示意如图 11－5－12 所示。

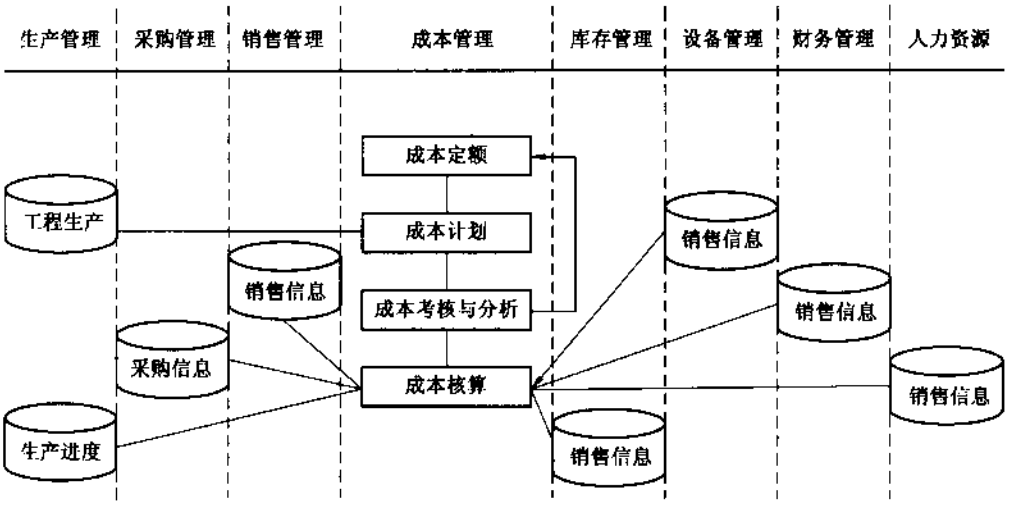


图 11－5－12 业务关联示意

3. 系统组成

（1）基础数据维护。包括设置成本项目、设置考核材料分类设置期初考核余额。

（2）成本定额管理。包括设置材料消耗定额、设置计件工资定额、设置电力消耗定额、设置控制单价定额。

（3）成本计划管理。包括制定成本计划、查询成本计划、对比成本计划变更。

（4）成本控制管理。包括设置可控成本指标、跟踪机构成本、跟踪工程成本、物资领用管理、设备修理费管理、其他费用管理、查询专项资金使用情况、成本费用报警设置、制作成本预警报表、查询成本预警报表、旧料回收及现场物料管理、工具配件领用跟踪、机修厂修理情况统计、委托加工情况统计等。

（5）成本考核管理。包括录入材料考核减免申请、录入工资核算调整申请、调整成本统计归类、录入单位考核奖罚记录、结转部门考核费用。

（6）成本分析管理。包括制作月经营分析报告、查询月经营分析报告、成本分析方法维护、成本差异分析、成本趋势分析、成本定额趋势报告、实际成本趋势报告、定额对现趋势报告、定额对现差异报告、价值链可控成本报告等。

5.2.3.6 设备管理系统

1. 管理目标

（1）设备作为企业的重要资产，也是安全生产的保证条件，集团统一的设备资产管理首先依赖于建立基于业务链的统一体系。

（2）利用信息系统建立完整的设备信息管理体系，设备的动态信息来源于设备业务过程，设备业务管理则起到调控业务过程的作用。

（3）加强设备的计划调控管理，提高设备的接替效益。计划是衔接各种业务过程的主线，由于设备管理业务多样（使用、维修、调拨、租赁等），紧密围绕生产需求建立计划体系，可以做到设备调控有据可依，满足持续生产的需要。

（4）对设备使用生命周期进行全面的动态管理如图 11 - 5 - 13 所示。系统通过设备到货、入库、领用、送修、维修验收、使用交接等业务处理，对设备在企业的使用过程和周转过程进行全程跟踪，这样，设备管理者随时可以查询到某一台设备从到货开始在企业中的所有周转过程等信息。同时了解所有设备的分布状况（完好、备用、待修、在修等）。

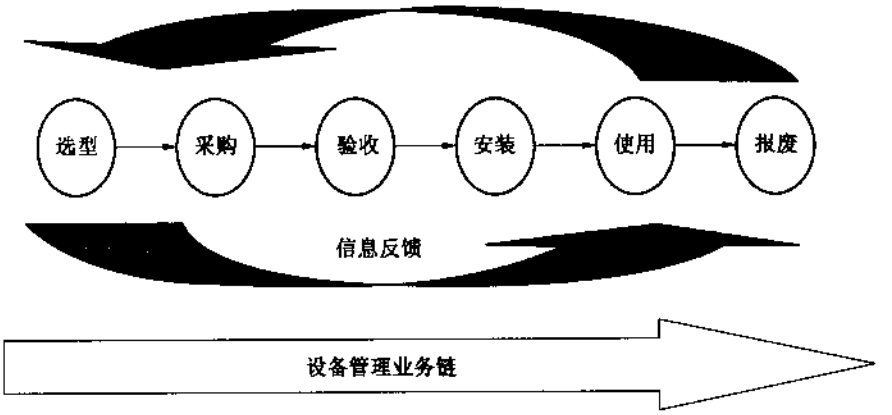


图 11 - 5 - 13　设备使用生命周期业务链示意

（5）与成本管理系统连接，提高成本核算部门和财务部门的工作效率。通过设备管理系统与成本管理系统的有机联结，及时、准确为成本管理系统提供租赁费、维修费的结算信息，为成本核算提供了数据支持。通过与财务软件接口的连接，使得财务软件接口随时可以依据动态发生和结算的租赁费和维修费生成相应记账凭证，提高了记账的工作效率和准确性，降低了财务人员的工作强度，提高了设备动态调剂效率。

2. 系统架构

设备管理系统架构示意如图 11 - 5 - 14 所示。

3. 系统组成

1）设备台账管理

设备台账管理包括：设备基础信息和设备综合查询。

2）设备使用计划管理

设备使用计划管理包括：制定年度设备使用计划、审批年度设备使用计划、查询年度设备使用计划、制定月度设备使用计划、审核月度设备使用计划、查询月度设备使用

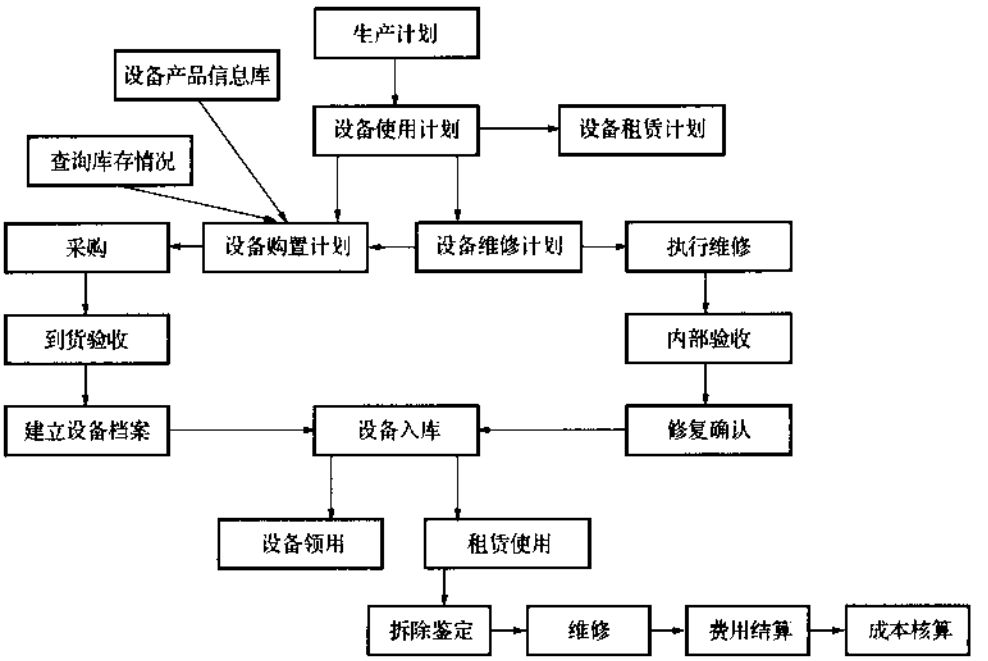


图 11-5-14 设备管理系统架构示意

计划。

3）设备购置管理（设备前期管理）

设备购置管理包括：制定年度设备购置计划、审批年度设备购置计划、查询年度设备购置计划、制定月度设备购置计划、审核月度设备购置计划、查询月度设备购置计划、制定设备购置申请、审批设备购置申请、查询设备购置申请、制定设备购置招标书、审批设备购置招标书、查询设备购置招标书、录入投标书、制定购置定分标计划、制定购置合同、审批购置合同、查询购置合同、设备到货验收、设备到货入库确认、制定设备调拨单、审批设备调拨、查询单设备调拨单等。

4）设备租赁管理

设备租赁管理包含三大部分的功能，分别为设备租赁计划、租赁业务管理、租赁费用结算。

设备租赁计划包括：制定年度设备租赁计划、审批年度设备租赁计划、查询年度设备租赁计划、制定月度设备租赁计划、审核月度设备租赁计划、查询月度设备租赁计划。

租赁业务管理部分包括：制定租赁合同、审批租赁合同、开出厂验收单、设备租赁交接、查询租赁合同。

租赁费用结算包括：制定租赁费用结算单、审核租赁费用结算单、查询租赁费用结算单。

5）设备维修管理

设备维修管理包括：制定维修计划、设备送修与验收、设备维修招投标管理、设备维修合同管理及设备维修费用结算管理。

制定维修计划包括：制定年度设备维修计划、审批年度设备维修计划、查询年度设备维修计划、制定月度设备维修计划、审核月度设备维修计划、查询月度设备维修计划。

设备送修与验收包括：开大中修鉴定报告单、审批大中修鉴定报告单、开送修交接单、开维修验收单、查询维修验收单、查询维修验收单、查询送修交接单。

维修招投标管理包括：制作招标通知书、审核招标通知书、录入投标书、制作设备定分标计划、审批定分标计划、查询招标通知书。

维修合同管理包括：制作维修合同、审核维修合同、查询维修合同。

维修费用结算包括：制定修理费用结算单、审核修理费用结算单、查询修理费用结算单。

6）设备发放管理

设备发放管理包括：开设备领用申请单、审批设备领用申请单、查询设备领用申请单。

7）设备使用状况监控

使用状况控制包括：开设备交接单、开工作联系单、答复工作联系单、反馈工作联系单处理、查询工作联系单、开罚款单、审批罚款单、复查罚款单位处理结果、查询罚款通知单、开设备配件赔偿单、审批设备配件赔偿单、查询设备配件赔偿单、开零部件更换单、录入设备事故情况、设备事故率统计。

8）特种设备检定管理

特种设备管理包括：制定年度设备检定计划、查询年度设备检定计划、反馈设备检定结果、查询月度设备检定计划。

9）设备调拨管理

设备调拨管理：开设备调拨单、审批设备调拨单、设备调拨出库处理、设备调拨入库处理。

10）设备报废管理

设备报废管理：开报废申请单、审批报废申请单、查询报废申请单。

5.2.3.7　工程项目管理系统

项目是在一定时间和一定的预算范围内，需达到预定质量要求的一项一次性任务，即：项目是一种一次性的工作，它应当在规定的时间内，由为此专门组织起来的人员来完成；它应有一个明确的预期目标；还要有明确的可利用的资源范围，它需要运用多种学科的知识来解决问题；没有或很少有以往的经验可以借鉴。与项目的概念相对应，项目管理可以说是在一个确定的时间范围内，为了完成一个既定的目标，并通过特殊形式的临时性组织运行机制，通过有效的计划、组织、领导与控制，充分利用既定有限资源的一种系统管理方法。

1. 管理目标

（1）建立一套矿井建设的统一信息标准体系。

（2）形成项目从立项评估、投资预算、项目计划、项目执行过程管理、项目决算、提交使用、维护管理等环节的闭环管理体系，同时要建立项目过程中的物流管理、资金流管理、质量管理和进度管理体系，以确保项目建设目标的达成。同时使项目过程可追溯，工程评估有据。

(3) 工程档案管理，将工程过程所形成的图纸、工程变更、图片、设备档案、施工安装管线等资料全部按文档管理体系建档，积累数据为再建矿提供优化依据，也为矿井维护改造提供依据。

2. 系统架构

工程交付过程示意如图 11－5－15 所示。

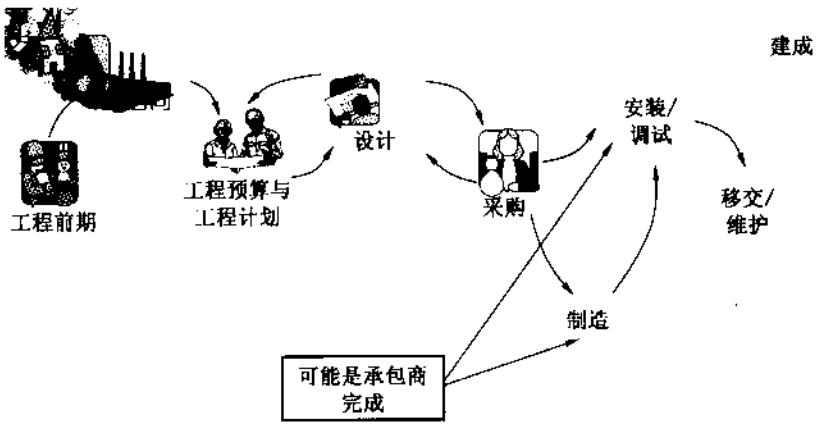


图 11－5－15 工程交付过程示意

3. 系统组成

(1) 项目计划管理。支持外部项目，实现项目/子项目无限分解；支持任务分组。甘特图、网络图（单代号、双代号）、工作日历、逻辑图等多种工具从不同侧面展现项目进度与计划，关键路径自动计算；能够实现用户自定义图形显示方式。工程文档管理示意如图 11－5－16 所示。项目工程进度报告、项目形象进度报告和交付成果进度报告及时反映项目进展情况，通过与项目计划的对比，发现项目偏差，为项目的跟踪、评估、决策提供基础。

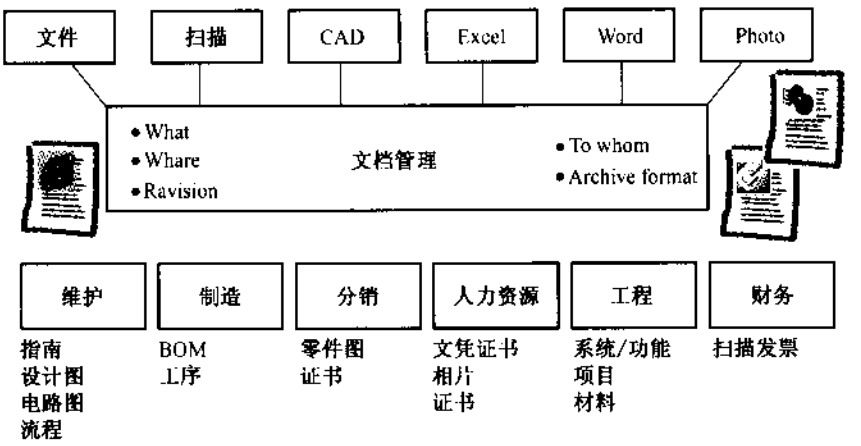


图 11－5－16 工程文档管理示意

（2）项目成本与资金管理。项目成本与资金管理包括成本估算、费用预算和成本控制。

（3）项目合同管理。项目合同管理包括项目合同信息、合同拨款支付、合同变更管理、合同违约索赔管理、合同转让管理、合同解除与终止管理、合同款项管理、实物交付、合同日常事务管理及合同模板等。

（4）项目采购管理。项目采购管理主要是解决工程项目中材料设备的供应管理问题，包括供应商管理、采购计划、采购业务等模块，通过对项目物资需求的分析自动生成物资需求计划、物资采购计划、项目物资需求计划、任务物资需求计划、物资需求项目分布和物资需求任务分布，全面反映项目的物资采购需求，以此为基础合理安排物资采购；同时也提供了对物资供应商和具体采购业务的管理功能。

（5）项目进度管理。项目进度管理包括项目进度跟踪、材料跟踪、资源跟踪、财务跟踪、合同跟踪模块构成。它将项目在时间、资源、物资、投资、费用和成本方面的实际状况与计划进行对比，以发现计划与实际之间的偏差，它是项目控制的基础。

（6）项目评估分析。项目评估子系统由进度评估、EVMS 评估和临界指数评估模块构成，它主要应用 EVMS 的方法对项目任务的进度和成本进行评估，通过进度差异、成本差异、进度执行指数、成本执行指数等定量数据来客观反映进度的快慢、成本的超出和节省。

（7）项目报告。项目报告子系统包括项目/任务摘要报告、关键任务报告、里程碑任务报告、即将开工任务报告、拖期任务报告、任务计划调整报告、项目/任务管理机构图表等具体内容。

（8）项目文档资料管理。根据管理需要自行将档案分目录、分项目进行管理，方便的对档案资料进行编辑修改。

（9）项目质量管理。项目质量管理由质量资质、物资质量、质量规划、质量报告和项目质量查询模块构成，通过建立项目质量标准体系、进行项目质量管理规划和对项目/任务/交付成果的质量检验，该子系统实现了对项目的全面质量管理，以切实保证项目质量。

（10）项目资源管理。项目资源管理包括资源管理、资源计划、报表与分析等模块，在定义了资源类型和具体资源后，通过对资源购置、资源减少、资源领用、资源退回和资源调度的管理，形成资源总账、项目资源账、任务资源账、资源增加减少明细账、资源领出退回明细账，全面反映项目中资源的使用和流动情况，为项目资源的合理分配和购置提供决策依据。

5.2.3.8 技术资料数字档案管理系统

技术资料数字档案管理系统是建立在专业应用系统的基础上，基于空间数据存储平台与 Web 服务决策平台，运用现代信息技术和数字化手段，以结合档案信息资源为处理核心，对煤矿生产信息资源进行收集、分类整理、筛选、分析和管理，通过高速宽带通信网络设施，实现档案资源共享。数字档案系统的核心是建立档案数据库，档案馆内容主要包括地质、测量、水文、资源、一通三防、生产设计等管理的图表文字材料。系统功能涵盖了资料的数字化处理、档案分类体系的建立、档案的整理归类、档案的录入等。

5.2.4 综合办公系统

5.2.4.1 办公自动化（OA）系统

1. 管理目标

（1）实现人与人、部门与部门间的交流与协作的电子化。

（2）实现公司知识资产的管理、共享和利用。

（3）实现公司信息组织及应用的个性化、门户化。

（4）实现利用信息技术进行企业文化建设。

（5）实现利用信息技术加强业务监督和管理。

2. 系统架构

办公自动化系统架构如图 11－5－17 所示。

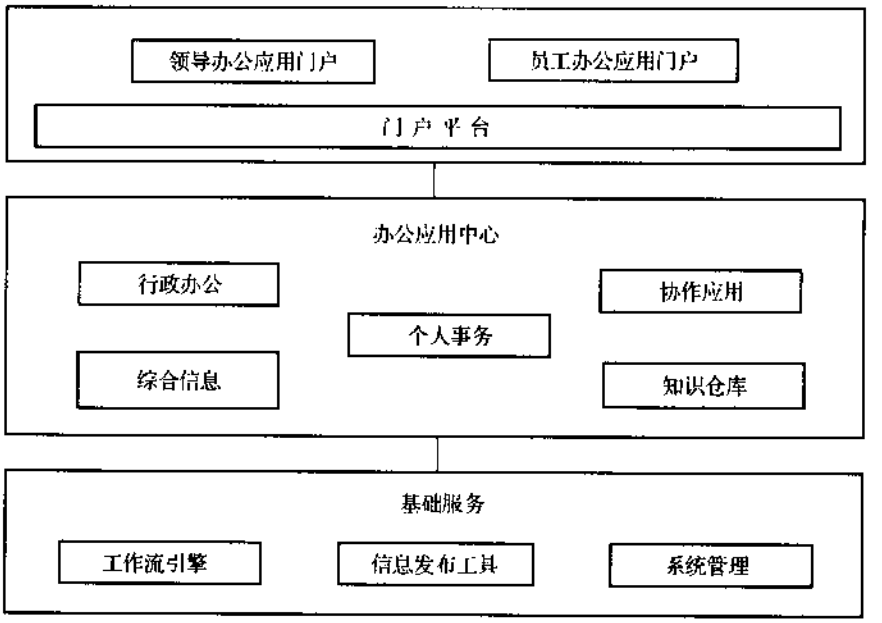


图 11－5－17 办公自动化系统功能架构

3. 系统组成

（1）公共信息管理。公共信息管理提供公司内部生产、经营、管理活动的综合类信息和企业文化建设方面的交互式应用模块，实现公司经营目标、计划、指令、制度等传达。公共信息管理包括：新闻专题、规章制度、大事记、公告栏、建议管理、电子论坛、公用通信录等内容。

（2）个人事务管理。个人事务管理主要以个人事务处理过程的信息化为主，提供待办工作、个人资料、个人记事本、个人名片夹、日程安排以及个人外出管理等应用模块。

（3）公文管理。公文管理应在行政公文审批流程和档案管理的过程中，提供圈阅批注、丰富的数据字典、完善的错误处理机制等辅助手段，同时也提供符合国家公文管理规定的公文格式、档案管理策略及其海量存储方案。公文管理主要应包括发文管理、收文管理、档案管理功能。

（4）行政办公。行政办公主要服务于办公室综合管理业务。行政管理业务的全面信息化、自动化处理，将对减轻办公室等协调部门的工作量、提高整个组织的沟通效率做出积极贡献。行政办公主要应包括：申请审批、工作计划、工作委派、团队协作、会议管理、车辆管理、接待管理、值班管理等内容。

（5）知识管理。知识管理通过员工充分利用知识仓库当中的显性知识或公司内外部的隐性知识资源（科学家、专家、工程师等），使公司的员工素质、技术能力和创新能力具有本质的提高。员工可通过知识仓库、专家网络、在线引用、知识地图、订阅/推荐、知识搜索、交流园地、培训园地等方式获取各自所需的知识。

（6）基础服务。基础服务是系统应用的一些辅助功能，主要应包括：个性化设置、工作流程管理、通信服务（包括短信平台）、系统管理等。

5.2.4.2　短信平台

矿业集团的企业短信是专门为集团公司人员推出的具有用户信息管理、信息发送、资料查询等功能的信息类业务。集团公司人员可用计算机同时向拥有手机的员工或客户传达通知、信息、公告等，员工或客户可利用手机直接反馈信息到企业短信平台。集团公司客户还可以充分利用行业专有信息资源，通过短信的方式向有需求的公众提供信息服务，使信息资源价值化。其系统组成如图 11－5－18 所示。

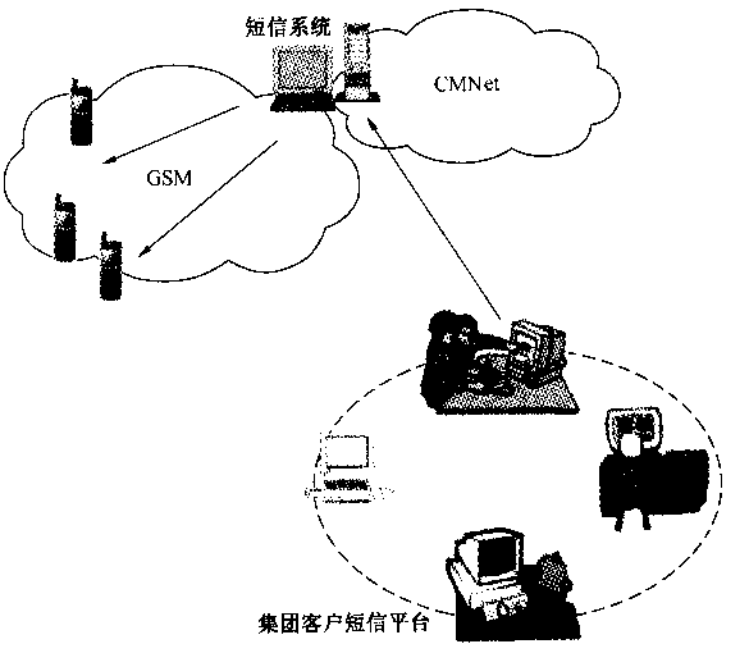


图 11－5－18　集团客户短信平台系统组成

企业客户端是一个安装在企业内部网络环境的软件网关，它的主要作用是为企业提供从客户端发送短信、管理企业内部员工发送权限的功能。企业可以直接利用提供的客户端工具单发、群发短信，也可以利用提供的标准开放式接口，与企业内部的办公自动化系统、业务系统等进行衔接，提高企业办公效率，使短信息的应用更适合企业特点。

系统主要功能包括：短信群发，客户端和手机互发短信，短信管理，电话簿管理，短信提醒，短信回执，紧急短信通知，短信定制。

5.2.4.3 视频会议系统

视频会议系统是采用架构在一个完善的、高性能的 TCP/IP 网络基础之上的 H.323 视频会议解决方案。利用矿业集团骨干局域网，在各会议室之间建立网络视频会议系统。

集团公司网络环境为覆盖全公司的光纤局域网，为了能够保障会议的传输质量，视频会议系统建设按照以下要求进行设计：

（1）要提供足够可用的带宽（一般要保证点对点的连接在 768k 以上），传输线路稳定，没有拥塞和保证低误码率。

（2）要尽量减少网络时延。网络架构应尽量采用交换式设备，这样可以达到较好的实际使用效果。

（3）电视会议是通过传输实时的图像和语音业务进行信息交流的，所以对传输网络要求较高。

5.2.4.4 企业门户网站

企业门户网站是企业通过 Internet 改进管理、开拓市场等各种功能集成的平台。企业门户网站的基本作用是为人们提供企业信息。对外，企业门户网站提供了一个了解企业的访问入口，所有访问者都可以通过这个入口获得个性化的信息和服务；对企业来说，门户网站既是一个展示企业的窗口，又可以无缝集成企业的内容、商务及社区活动等，动态地发布存储在企业内部和外部的各种信息，同时还可以支持网上的虚拟社区。

企业门户网站系统包括以下功能模块：内部信息网站、外部信息网站、办公管理平台和协作交流平台。通过内部网站来发布集团公司及各厂矿的重要信息，通过外部网站对外宣传自己。

（1）外部信息门户。外部信息门户的主要功能是提供了一个了解企业的访问入口，并以低成本宣传企业形象，传播产品信息，扩大市场，增强销售能力。采用 TRS 采编发系统，实现对信息门户的信息采编、栏目定制、图片管理、网上调查等各种网站元素的管理，系统具有明确的权限模式，保证安全。

（2）内部信息门户。内部信息门户的主要功能是提供企业整个系统内部及外部的信息交流与共享。内部信息门户提供了用户登陆模块，用户浏览信息网内容时，需要提供一定的身份验证；提供完善的用户管理权限机制，以角色权限的方式为各种不同级别的用户分别提供相应的信息资讯。

快速搜索引擎可以独立于关系数据库管理系统独立运行，也可以和关系数据库无缝集成、协同工作，为关系数据库中的非结构化数据提供检索。

（3）协作交流平台。通过电子邮件、网上通信、BBS 论坛、短信等功能模块，方便、安全地满足用户各种沟通交流的需求，提供企业内部员工沟通的渠道，改善企业内部员工之间的交流，为企业内部员工提供信息个性化的服务。

（4）办公管理平台。平台提供了办公自动化、机电运输、安全监测、生产调度、工业电视等功能模块，建立了完善的生产经营信息的动态跟踪和反馈体系，实现了信息的高度共享，为各级领导及时、准确、方便的提供各类信息，使企业管理逐步达到动态化，从而提高企业的经营管理与决策水平。

5.2.5　煤矿安全生产调度决策支持系统

5.2.5.1　系统体系结构

企业信息化的最终目的就是实现辅助决策，煤矿安全生产调度决策支持系统是在已有的数据库系统的基础上集成人工智能的专家系统而形成的。它主要包括：需求处理及人机交互系统、数据仓库管理系统（由安全生产监控数据库及其管理系统组成）、模型库管理系统（由安全生产调度决策模型库及其管理系统组成）、知识库、知识库管理系统和推理机等，其中知识库、知识库管理系统和推理机构成安全生产调度决策专家系统，系统总体结构如图 11－5－19 所示。

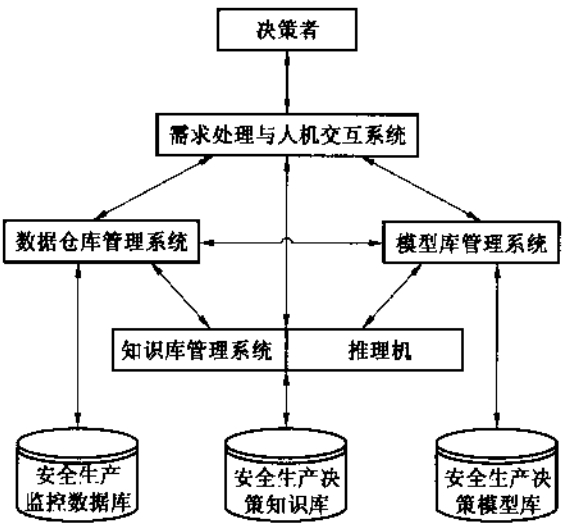


图 11－5－19　系统总体结构

根据生产现场的要求，将现有安全生产监控数据库进行数据集成，重新构造用于决策支持的数据仓库，为安全生产调度决策专家系统及模型库的各种模型提供数据参考。安全生产决策模型库是利用各种算法对来源于原始库或数据仓库的数据，按照既定规则进行大量运算产生的；安全生产调度决策专家系统是结合数据仓库、专家知识和原始库，利用推理机做出决策支持策略；需求处理与人机交互系统是根据用户需要直接查询数据仓库或根据专家系统和模型库生成各种决策数据，并具备打印各种报表、显示各类历史曲线等人机交互功能，为决策者提供辅助支持。

5.2.5.2　矿井自然灾害隐患识别与预警决策支持系统案例及其应用

1. 矿井自然灾害隐患识别决策支持系统模型

矿井自然灾害方式不同，隐患识别的信息源必然不同，处理结果可能不同，事务处理必须借助地测数据、通防数据、监测数据（瓦斯、水害、顶板压力等监测），同时还必须利用相关的知识数据（如专家知识、现有规律、自然灾害分类评价指标体系等）。为此，矿井自然灾害预警系统模型不是孤立的信息模型，而是基于数据动态变化的协作处理模型，预警系统模型如图 11－5－20 所示。

模型的基础是数据组织与管理，即与矿井自然灾害相关的数据必须统一存储于空间数

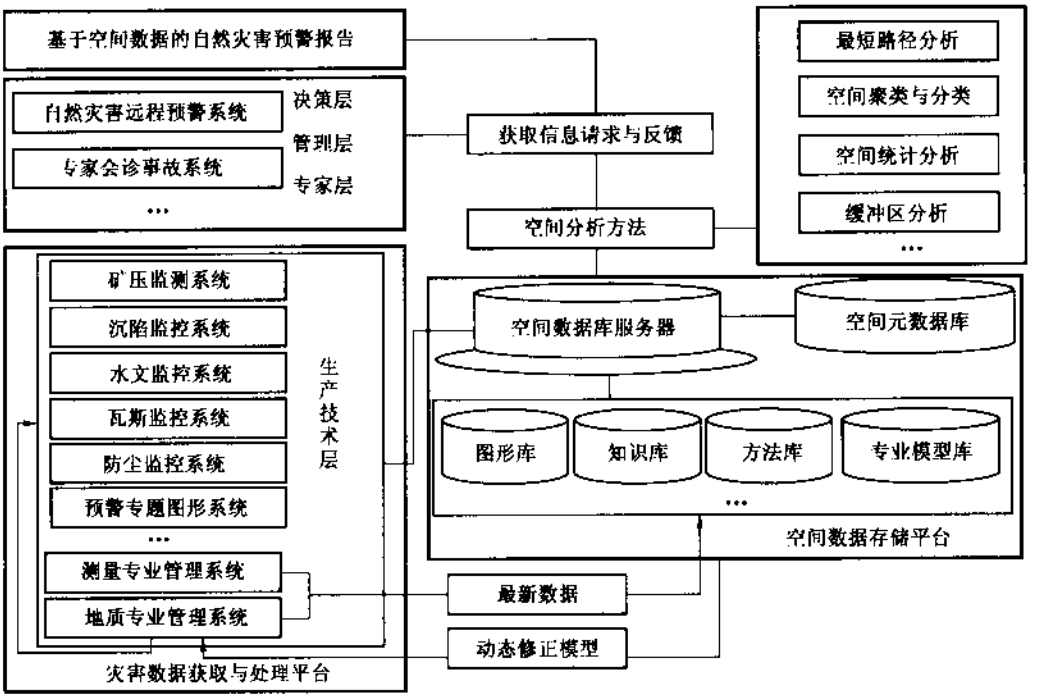


图 11-5-20 矿井自然灾害隐患设别与预警决策支持系统模型

据库内，它们主要是图形库、知识库、方法库以及专业模型库等。数据、知识的输入与输出需要相关专业软件的支持，主要包括技术层的各类矿井自然灾害监测监控系统、地测空间管理信息系统、预警专题图形系统以及管理决策层的矿井自然灾害预警系统和专家会诊事故系统等。

矿井自然灾害隐患是潜在的，隐患的识别、预测与预报必须依据相关方法体系。地理信息系统的空间分析就是重要的应用手段，它是通过一定方法体系将矿井自然灾害指标体系数据与矿井动态开采过程信息实时比较分析，进而实现矿井自然灾害隐患识别、预警预报等决策支持和应急处理。

2. 系统模型实现原理与方法

矿井自然灾害主要是由于突水、煤尘、瓦斯、煤自燃、溃沙、开采沉陷和矿压等因素导致，但这些因素并非随时都引起安全事故，而是当开采过程中某些参数超过一定的临界值才会引起事故。为此，矿井自然灾害预警系统模型构建的基础为：一是自然灾害分类体系划分；二是相关灾害类型知识库、GIS 预警模型库与空间数据库的建立；三是相关软件系统研发、事故隐患识别方法研究与方法库的建立。模型构建的关键原理与方法如下：

（1）评价指标体系库的构建。评价指标体系库就是矿井自然灾害隐患发生具体参数的知识库。模型构建必须首先依据矿井瓦斯、水害、压力、煤自燃等自然灾害隐患的不同指标体系及其临界值建立相应的指标体系库，隐患报警识别的参数主要参考采掘工程平面图的动态开采面与相关巷道。各类瓦斯隐患、水害隐患、通风隐患、顶板压力等都形成相

应的评价指标库。

（2）建立基于GIS空间分析的模型库。根据瓦斯、水害、顶板压力等不同矿井自然灾害类型建立相应的专业模型库。如瓦斯灾害预测，首先依据矿井地质条件和煤层赋存情况建立瓦斯地质分区图，其次依据采掘工程平面图的动态采掘信息与相关瓦斯分区建立联系，并进行比较分析确定可采区或未来的可采区是否属于瓦斯警备区。

（3）建立基于GIS空间分析的方法库。GIS空间分析是矿井自然灾害预警的重要手段，同时也是安全事故预警预报的重要途径。比如断层防水区的划定，主要是依据断层保安煤柱来确定。其中，断层保安煤柱的确定就是通过GIS缓冲区分析获得，在断层防水区分析中就必须利用到最短路径分析以确定开采区或掘进地点离断层防水区的最短距离来预警预报。

（4）矿井自然灾害预警实现步骤。①分类建立矿井自然灾害的实时监控系统，动态跟踪相关灾害的实时数据与信息。②实时实现矿井自然灾害数据或信息与相关自然灾害指标体系库、GIS模型库、知识库以及空间数据库的比较，并基于相关图形库数据通过GIS空间分析方法确定安全隐患类别。③矿井自然灾害隐患实时预警预报与辅助决策分析。

3. 决策分析实现过程

煤矿自然灾害隐患识别与预警决策支持系统功能的实现由一系列过程完成，总体上主要包括数据采集、模型选择、决策分析与结果发布等。

（1）数据采集。煤矿自然灾害隐患识别、决策支持系统的数据源主要是地测数据、通风安全数据、人工测量数据、视频数据以及实时监控数据（危险源数据）等。其中地质、测量数据来自地测部门，是一种动态变化的时间序列数据，主要依赖于煤矿地理空间信息共享来解决；通风安全数据与人工测量数据相对简单，但该数据需要通过一定的处理后实现信息分发；而视频与实时监控数据主要来自井下实时监控系统，如KJ系列、CONSPEC系列等，主要有瓦斯、温度、风压等各类安全事故监测数据。以快速响应实现矿井自然灾害隐患识别、决策与分析，在空间数据库中建立统一的数据结构，系统自动按相关接口实时采集监测系统数据入库。实现瓦斯、温度、风压等各类数据的实时跟踪与发布，为实时矿井自然灾害隐患识别、决策分析等煤矿安全事务处理提供最新数据与信息，达到一旦发现问题（如瓦斯超标等）自动报警与智能决策分析。

数据采集过程主要由瓦斯数据、水位数据、矿压数据以及历史数据等相关业务流上的功能组件等完成与实现。

（2）决策分析。决策分析过程是矿井自然灾害隐患识别决策支持系统的重要过程，它是建立在数据采集与评判预警模型的基础上，主要通过多智能构件协作共同完成决策的过程。

（3）结果发布。结果发布相对简单，主要是将决策分析结果及时发布，既可以以决策支持系统Web形式发布，也可以通过办公OA实时发布。

煤矿自然灾害隐患识别决策支持系统不是一个简单的单一系统，而是一个典型的多部门、多专业、多管理层次的开放复杂系统，其间涉及信息高度集成、业务流程复杂等相关问题。在信息高度集成上，首先要求处理信息规范化、信息采集的及时性、准确性、完整性；其次要求集成了供应链上所有环节的各类信息，还要求集成不同时间段上的信息；要求管理数据来自于统一的信息源，高度共享，并有权限和安全设置，管理部门可根据统一

的数据源进行决策。决策支持系统的实施关键在于管理改善，实现基于过程（工作流程）的全面管理，达到实时业务数据按照流程共享与传输，以更好、更快地实现决策与分析。

4. 系统功能实现

基于GIS的矿井自然灾害隐患识别与预警决策支持系统实现了图形库、知识库、方法库以及专业模型库的集中管理，并构建矿井自然灾害问题评价体系分类指标库与相关专业GIS模型库；最终实现矿井自然灾害评价、分析、预警与生产调度决策分析，为回采工作面的综合保障与矿井安全生产提供了技术支撑。

5.3 安全生产调度控制指挥中心

5.3.1 指挥中心总体目标及原则

1. 总体目标

煤矿安全生产调度控制指挥中心的总体目标是构造覆盖生产、安全、供电、后勤保障等部门的综合信息汇集、发布、处理业务的网络，实现安全生产调度指挥的计算机化和网络化。

煤矿安全生产调度控制指挥中心的具体目标包括：

（1）以先进成熟的计算机和通信技术为主要手段，建立完善的网络应用环境和办公应用开发平台，将现有应用系统集成到统一网络中，实现办公、业务一体化，提高决策的科学性；

（2）建立信息发布系统，在网上发布安全状态、产供销存信息等；

（3）建立综合信息查询系统，提供各种信息，实现全文检索和电子档案的网上借阅；

（4）提供必要的视频会议、视频点播（VOD）、网络可视电话等多媒体应用，实现实时视频交互；

（5）虚拟现实：通过虚拟现实等技术，在网上实现现场模拟、生产状况模拟等；

（6）提供多层次完备的网络安全和网络管理系统。

2. 指挥中心的建设原则

调度指挥中心的设计应适应新技术发展的潮流，既兼顾技术上的成熟性，也应保证系统的先进性。因此，在规划时必须坚持高起点、高要求、高标准，力求符合信息技术的发展方向；在实施时要坚持需求推动，以应用促建设。另外，规划和建设要坚持技术的开放性和可扩充性，有效地保护已有的投入。

5.3.2 调度控制指挥中心的功能定位

煤矿安全生产调度控制指挥中心既是矿井的生产安全指挥中心，又是整个矿井生产系统的控制中心。在矿井调度指挥中心，既能够实时监测整个矿井的生产和安全状况，又能对矿井主要生产系统实现远程控制。目前，大部分煤矿已经建设了瓦斯监控、通风检测、人员定位、程控电话、视频监控、移动指挥等系统，实现了煤矿安全生产的基本应用。通过综合信息化建设，能够将已建的各种系统进行完好的融合，提高有效信息的利用率，对事前、事中、事后3个阶段实施统一的应急指挥调度，实现事前安全防范，事中及时排查，事后妥善处理的目标。

以建设三层网络结构体系和实现管控一体化为目标，通过对生产系统进行综合信息化建设，实现集中控制、集中调度、集中指挥。

煤矿安全生产调度控制指挥中心应当具有以下功能：

（1）侧重于安全生产综合监督。事前的安全监督管理涉及以下几个方面：

① 机关领导办公室、安全生产指挥中心、调度室等部门可以实时对生产现场的情况进行视频监控，以便随时掌握生产现场第一手情况，及时发现事故苗头，及早消除险情隐患；

② 通过与人员定位系统的紧密结合，安全指挥中心、调度室等不仅可以看到井下工作人员的图像，而且可以在定位系统的坐标上显示其精确位置，并与井下人员取得语音的双向交流；

③ 可以采用多种录像方式，对生产现场、调度室、指挥调度和远程培训过程等重要场所、过程进行录像，并能够集中存储，支持 Web 发布播放功能，以便事后追究责任、总结经验教训。

（2）自动化子系统集中控制。通过综合自动化控制网络系统，可实现煤炭生产、洗选加工及装车运输等生产环节的综合自动化控制，同时可实现煤炭生产全过程可视化调度指挥。

在调度指挥中心设置操作员站，通过授权，可实现采掘工作面、带式输送机主运输系统、井下变电所、井下排供水泵房、地面主要通风机房、地面压风机、地面供电系统等主要生产系统的远程监视和控制，实现各自动化子系统协调控制及和谐运作。井上、下固定生产岗位可转换为巡检岗位，实现无人值守，减岗提效。

（3）一体化的远程检测预警联动机制。一般情况下，远程检测是一套独立的系统，但在应用过程中，如果能与视频通信进行一体化整合，无疑会增强安全生产检测的效率。在实际应用中，当生产现场的环境变化达到预警条件时，各种采集信息的报警程序应立即启动。指挥人员根据各种报警信息和现场图像，对报警信息进行判决，如果报警属实，便引导人员及时疏散，避免人员伤亡。同时报警信息上传至上级管理部门，便于上级领导进行决策，并实施一体化的可视化指挥，从而将危险消灭于萌芽状态。

（4）突出即时交互的视频应急指挥。事故发生后，机关领导和煤矿各级领导可以在第一时间开启指挥调度系统，利用有线网络或者无线监控将事故现场的图像上传到指挥中心，供领导快速决策，相关部门启动应急程序。

（5）直抵井下现场，远程作业指导。

（6）一体化安全报警联动。在监控现场可以接入环境数据采集传感设备，当采集到环境数据不正常时，可发出报警，联动该地域的监控图像立即显示在指定的监视设备中（如指挥调度终端、电子地图），同时视频录像服务器启动，执行对该监控点图像的录像任务，为日后取证提供宝贵资料。

（7）提供辅助决策支持。

第 12 篇

矿区生态环境保护

主　编　卫修君
副主编　李　洪　刘章现

1 生态环境问题

1.1 国内外矿区环境现状

1.1.1 国外矿区环境现状

西方发达国家已经有150多年的煤炭开采历史，目前，已经探明煤炭储量最多的国家依次为美国、俄罗斯、中国、印度、澳大利亚、南非等国家。西方国家由于有严格的土地复垦制度与相关法律作保障，煤矿开采产生的环境污染与生态破坏程度比我国要轻得多，煤矿安全事故也要少得多。

1. 德国矿区环境现状

褐煤作为德国重要的能源资源，在国民经济中发挥着重要作用。由于露天开采褐煤，大量占用耕地，毁坏森林，破坏地表植被并造成地下水位下降，水土流失，加之煤尘造成的环境污染，德国政府采取一系列措施，加强矿山复垦工作。政府颁布的《采矿法》、《矿产资源法》都对采矿后矿山复垦工作有明确条款规定。由于有法律作保证，政府和采矿企业高度重视，全国褐煤采矿破坏的土地有 $15.34\times10^{4}hm^{2}$，目前已完成复垦 $8.23\times10^{4}hm^{2}$，复垦率达53.65%。

2. 澳大利亚矿区环境现状

澳大利亚作为采煤大国，十分重视采矿与生态环境的可持续发展。目前澳大利亚对矿区的环境管理，已达到世界领先水平，主要通过对矿区的最佳采矿环境管理来实现煤矿的可持续发展。最佳采矿环境管理就是在采矿的整个过程中贯彻执行环境影响评价和环境管理制度，从而在促进矿区环境保护的同时，保持了煤矿的核心竞争力。其具体措施包括以下几个方面：

（1）制定矿区环境保护计划。其目的是确保环境保护措施落实到矿区规划和矿产资源开发项目中。在制定环境保护计划前，首先考虑制定煤炭开采方法和应执行的环境准则，包括矿区的环境空气质量、噪声、振动、水资源管理、水体质量保护、土壤保护、动植物调查、文物和遗产保护、交通运输、地面沉降与复垦、景观视觉影响、废弃物管理、社会经济问题以及事故和风险评价。然后进行矿区规划的编制。

（2）开展环境影响评价。澳大利亚矿区环境影响评价的核心内容包括探矿、施工、开采到最终闭矿整个过程中的环境问题。它是把环境因素按照生态可持续发展理念纳入到项目规划和决策过程，通过全面论证建设项目可能对环境造成的影响来保护环境，帮助采矿公司尽可能减少项目施工建设、生产运行和闭矿过程中造成的那些影响。

（3）实施具体的矿区土地复垦措施。澳大利亚矿区复垦的显著特点是采用综合复垦模式、多专业联合投入、高科技指导和支持的塌陷土地复垦技术，并取得了良好效果。

3. 美国矿区环境现状与土地复垦

美国矿区环境污染分为3种类型：空气污染、水体污染和土地塌陷与破坏。美国国家

EPA 根据环境污染对象不同，先后颁布了严格的国家法令，如美国的《露天开采控制和复垦法令》等环境法，要求工业建设破坏的土地必须恢复到原来的形态，原农田要恢复到农田状态，原森林要恢复到森林状态。由于国家法令的强制作用，美国在复垦区种植农作物、矸石山植树造林和利用电厂粉煤灰改良土壤等方面取得了可喜成绩，矿区环境保护和治理成绩显著，矿区环境质量达到该国环境质量标准要求。

1.1.2 我国矿区环境现状

我国是世界第一产煤大国，煤炭产量占世界的 37%，占国内一次能源生产总量的 76%，占消费总量的 65% 以上。受富煤、贫油、少气的资源能源结构限制，在未来相当长的时期内，以煤炭为主的能源供应格局不会改变。煤炭资源的开发利用，既对社会经济的发展起着巨大的推动作用，同时又对生态环境产生重大的影响。随着煤炭的开采力度进一步加大，煤炭资源开采产生的“三废”污染与日趋严格的环保标准的矛盾、地表沉陷带来的环境问题以及对土地资源、水资源、生态环境的消耗和破坏现象将会更加突出，成为阻碍煤炭自身发展的制约因素。

据 2005 年统计，我国每年排放的工业固体废物总量中，煤矸石占 30% 左右。全国国有煤矿共有矸石山 1500 余座，其中有 80 多座长期自燃。煤矸石累计堆积量达到 3850Mt，并且每年还在以 3×10^8t 以上的速度增加。矸石长期堆存，不仅压占了大量土地，而且对周围的土壤和水资源都造成了污染，矸石自燃时排放的有害气体，严重影响了矿区环境空气质量。

我国煤炭开采年排放瓦斯 $(8.0\sim12.0)\times10^9\text{m}^3$，平均利用率仅为 24.2%。瓦斯的主要成分是甲烷，排放到大气环境中，产生的温室效应是 CO_2 的 20 倍。矿井工业锅炉燃煤，年排放废气约 $1.7\times10^{10}\text{m}^3$、烟尘 3×10^5t、二氧化硫 3.25×10^5t。

我国煤矿从井下年抽排的矿井水量约 $45\times10^8\text{m}^3$，利用率约 44%，大部分矿井水没有利用排入江河湖海，增加了地面水体的污染负荷。

我国由于煤矿井工开采造成的地表塌陷面积已达 $58\times10^4\text{hm}^2$，而且每年还要以 $4\times10^4\text{hm}^2$ 以上的速度增加。

我国煤炭开采方式属于粗放式开采，资源回收率只有 30%，远低于全世界平均矿产资源总回收率 50% 的指标，造成了矿产资源的极大浪费。矿山塌陷复垦率仅为 10%，而发达国家矿山复垦率为 60%。同时由于矿山环境污染防治和生态恢复技术相对落后，也制约了矿山环境保护与治理工作的开展。

矿区环境问题的本质是资源与能源的浪费。因此，合理开发利用资源与能源，提高资源利用率；实施清洁生产，发展循环经济，最大限度减少污染物排放和对自然环境的影响，才能从根本上解决矿区日益严重的环境污染与生态破坏问题，维护矿区的生态平衡。

1.2 开采对生态环境的影响

煤炭开采分为井工开采和露天开采两大类，其对生态环境的影响不同。我国煤炭生产以井工开采为主，占煤炭总产量的 95% 左右，露天煤矿仅占 5% 左右，大型国有煤矿大多属于井工开采。井工开采对生态环境的影响主要表现为地表塌陷带来的对土地资源的破坏，对地面建筑物、构筑物的损坏；煤矸石排放占压土地，破坏景观，矸石山自燃污染大气环境，矸石淋溶液污染地下水和地表水环境；煤炭开采产生的瓦斯对大气环境的污染；

矿井井下抽排水影响区域地下水资源等。

我国现有煤炭生产矿井分布在全国1300个县市，矿井数量达2.3万个。由于煤炭资源开发至今还没有摆脱重生产、轻治理、粗放开发、简易加工的数量型速度型的路子，煤炭开采造成的生态环境的影响具有波及范围大、历史欠账多、治理难度大的突出特点。

煤炭开采对生态环境的影响主要有地表塌陷、煤矸石排放、矿井废水排放、地下水资源破坏、大气污染等方面。

1.2.1 地表塌陷

井工开采对生态环境的最主要影响是采煤造成地表塌陷。煤炭地下开采后，上覆岩层从上至下将发生冒落、裂隙和弯曲下沉，从而使采空区上方地表发生大面积沉陷。我国地域辽阔，各区域的地形地貌、地质条件和地下水位高低相差较大，地表沉陷导致的环境影响的表现形式有所不同。

东部调入区带：河南、山东、河北和东北三江平原的煤炭基地大多属于冲积平原，这些区域地势平坦，地下水位较高，土地肥沃，以基本农田为主，村庄人口密集。煤矿开采突出的环境问题是地表整体下陷、采空区积水、农田丧失、水利设施破坏、村庄搬迁。

中部调出区带：晋陕蒙地区是我国煤炭资源富集区和煤炭开发重点区域，根据煤炭发展规划，2010—2020年，晋陕蒙地区的煤炭产量约占全国煤炭总产量的60%，是我国未来煤炭生产的主战场，也是煤炭开发生态环境保护的重点区域。该地区干旱少雨，植被稀少，土地沙化，是我国水土流失最严重的地区。煤矿开采突出的环境问题是地下水资源破坏、地表裂缝和滑坡、水土流失、生态破坏。

西部后备区带：云贵地区以喀斯特地貌为主，煤炭开采主要的环境问题是采空区易发生山体滑坡、泥石流和崩塌等地质灾害。新疆、青海、甘肃、宁夏东部地区干旱、缺水，煤炭开采突出的环境问题是地下水资源破坏、水土流失、沙丘活化、荒漠化程度加重等。

1.2.2 煤矸石排放

煤矸石按照来源可分为掘进矸石和洗选矸石两大类，分别来源于井下生产过程和地面煤炭洗选过程。煤层结构和厚度的变化、采煤方法和选煤工艺不同，对煤矸石的排放量有直接影响，一般占原煤产量的10%～20%。

煤矸石主要是由炭质泥岩、泥岩、粉砂岩、砂岩、硫铁矿等组成的混合物。其矿物组成主要有高岭石、蒙脱石、长石、伊利石、方解石、黄铁矿和少量稀有金属矿物等组成，元素组成多达数十种。尽管煤矸石的成分复杂，但绝大多数煤矸石除含少量炭质外，主要以硅、铝为主，其次是硫、铁、钙、镁、钠、磷、钛等元素。

由于煤矸石来源不同和产出地区的差异，其成分和性质变化很大。煤矸石的灰分一般在70%～85%，最高可达90%以上；固定碳含量一般在5%～25%；发热量一般在3.3～6.3MJ/kg。煤矸石的硫含量与原煤硫含量密不可分，例如，淮南矿区开采的煤炭含硫量基本都在0.5%以下，华北地区太原组煤层和西南地区龙潭组煤层排出的矸石，含硫量就较高，个别可达8%～16%。由于煤矸石的发热量低，又受综合利用途径所限制，因此煤矸石的利用率仅有42%，其余煤矸石被当作固体废物堆存起来，形成了矿区特有的矸石山。

煤矸石露天堆放，对环境的主要影响表现为3个方面：

（1）占压土地。全国国有煤矿现有煤矸石山1500余座，占地已达$6.5\times10^4 hm^2$。

（2）煤矸石自燃对大气的污染。据统计，我国已有 237 座矸石山发生自燃，占矸石山总数的 16%，有 80 多座矸石山至今仍在燃烧。矸石山自燃排放的主要污染物有 SO_2、CO_2、CO、H_2S、NO_x 等有毒有害气体，严重危害矿区居民的身体健康；有的矿区甚至发生过矸石山爆炸，造成了人员伤亡。

（3）矸石山淋溶水对水体环境的影响。矸石山淋溶水随各地煤矸石成分不同其主要污染元素或成分也有较大差异，呈不同程度的酸性、碱性或含镉、铬、铅、汞等有毒有害元素，有害物质随地表水或地下水迁移到邻近水体，易引起水体污染。

1.2.3　矿井废水排放

矿井废水包括采煤废水（矿井水）、选煤废水（煤泥水）和工业广场生活污水三个部分。

（1）矿井水。矿井水是由煤矿开采过程中井下涌水及井下消防、洒水灭尘、设备冷却排水等汇集而成。矿井涌水量的大小取决于煤炭开采方式、开采深度、开采范围、地层及水文地质结构、岩石性质以及当地气候条件、地理环境等，不同地区的矿井水涌水量有较大的差异。在采煤过程中，为确保煤矿井下安全生产，必须排出大量的矿井水。据统计，我国煤矿平均吨煤抽排矿井水 1.75 ~ 2.15t，2005 年抽排矿井水 45×10^8t，矿井水利用率约为 49%。酸性采煤废水和含悬浮物（非酸性）采煤废水是矿井水排放的主要污水类型。大量的矿井水外排造成地面水体污染的同时，井、泉干涸，给矿区农田灌溉和人畜饮水带来严重困难。含水层水位的下降，可能引起地面大范围下沉及岩溶塌陷，对土地和建筑物造成损坏。地表水和上层含水层的疏干，缺水导致使地表野生动植物减少，表土疏松，空气湿度下降，风蚀和水土流失加剧，造成土壤沙化或土地沙漠化。

（2）选煤废水。煤矿生产的原煤均含有各种杂质，如煤矸石等。为了除去这些杂质提高煤的发热量，降低灰分、节约运费等，需要对原煤进行分选。选煤废水主要是指由于选煤系统的水量无法达到平衡而外排的煤泥水。煤泥水是湿法选煤过程中产生的小于 0.5mm 粒度级的煤粉与水组成的混合物。我国绝大多数的选煤厂采用湿法选煤，当原煤经分选作业时，由于煤的粉碎和泥化，产生一些粒径较小的煤粉颗粒，其中很大一部分被产品煤带走，但仍有少部分与水混合在一起，成为煤泥水。全国每年选煤废水排放达数亿吨，煤泥是选煤厂废水的最主要部分，也是选煤厂对环境造成污染的主要物质。

（3）矿井生活污水。矿井生活污水主要是指工业广场生活污水，包括煤矿工人班后洗浴污水。矿井生活污水主要污染物为悬浮物等。矿区工业广场生活污水因含有大量的洗浴污水而使废水中有机物浓度较低，但含有较高的悬浮物。每年全国此类污水排放量达 400Mt。

1.2.4　地下水资源破坏

煤炭井工开采对地下水和地表水资源造成破坏。井工开采对地下水资源的影响主要表现为煤炭开采后顶板发生垮落，形成垮落带和裂缝带，从而使含水层遭到破坏，导致地下水位下降、地下水资源储量减少和破坏。

1.2.5　大气污染

据资料统计，全国煤炭企业每年排入大气中的废气约 1.7×10^{11} m^3，对矿区周围的空气质量造成严重破坏。其中有害物质主要包括瓦斯（主要成分是甲烷）、爆破产生的有害气体、井下柴油机械产生的尾气、矸石山自燃产生的有害气体、矿区煤炭自用产生的有害