

CA/4 6503

第 47 篇 自动化仪表在煤炭 工业中的应用

主编单位：

煤炭科学院常州自动化研究所

编写单位：

煤炭科学院唐山分院 抚顺煤炭研究所

合稿人：

沈 勤 法

编写人：

叶桂森 赵玉清 陈 林 王均泰 李 进

特约编辑：

任 清 晨

第1章 概 论

1 煤炭生产过程概况

煤炭是地下资源。按其埋入深度和其它具体条件采取露天开采或井工开采运至地面。在煤炭的生产和加工过程中,需要各种机器设备、自动化仪表与装置。下面仅以图 47.1-1 所示的竖井开采方式为例,简要说明煤炭生产的主要工艺流程。

采煤机 6 从工作面采下的煤经工作面刮板输送机 7、顺槽刮板输送机 8、顺槽胶带输送机 10、上山胶带输送机 11 进入采区煤仓 13。运输大巷 14 一般

采用电机车运输。矿车列车组在采区煤仓下部装满煤炭后,拉到井底车场 17,再翻入井底煤仓 18,利用箕斗经主井 15 提升到地面入选煤厂的准备车间 24、选煤楼 25,洗选好的煤炭运到装车仓 26 等候装车外运。如装车仓已满,可暂运到半地下贮煤场 27 存放。矸石则由掘进工作面直接装入矿车,由绞车经采区轨道上山 12 放入运输大巷 14,再由电机车拉到井底车场 17,经副井 16 提升到地面再运至矸石山 20。

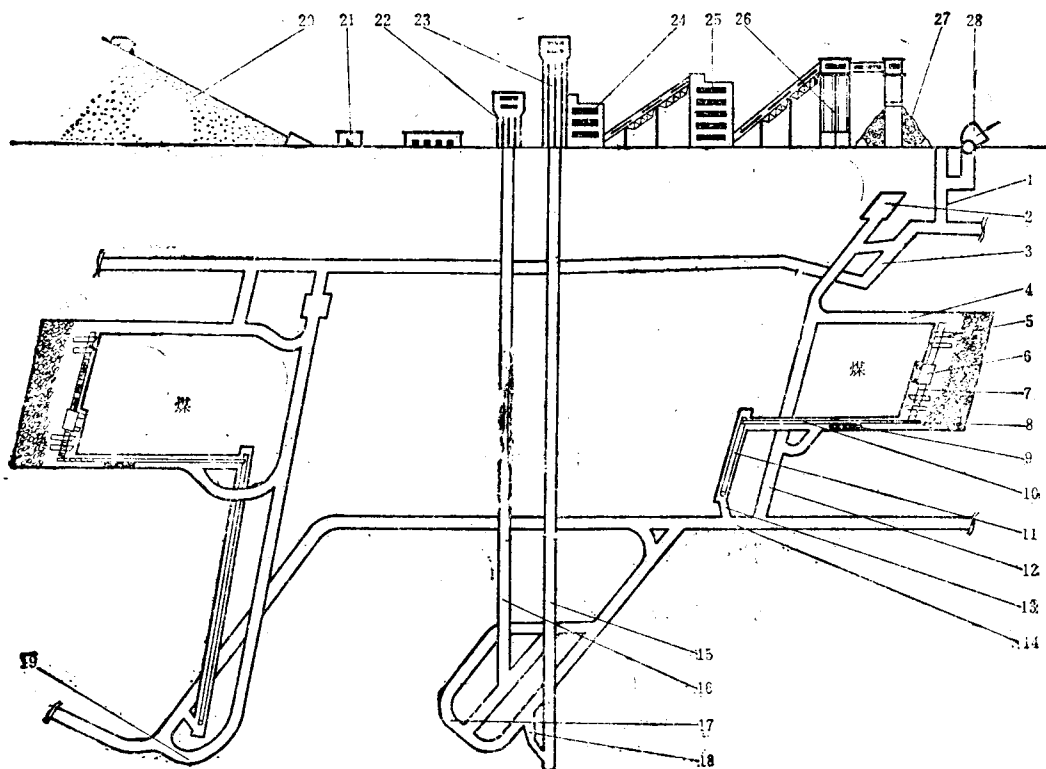


图 47.1-1 煤炭竖井开采示意图

- 1—风井 2—上山绞车房 3—总回风巷 4—回风顺槽 5—液压支架 6—采煤机 7—工作面刮板输送机
8—顺槽刮板输送机 9—移动变电站及乳化液泵站 10—顺槽胶带输送机 11—上山胶带输送机 12—采
区轨道上山 13—采区煤仓 14—运输大巷 15—主井 16—副井 17—井底车场 18—井底煤仓及装
载硐室 19—采区下部车场 20—矸石山 21—矸石翻车机房 22—副井井塔 23—主井井塔 24—准备车间
25—选煤楼 26—装车仓 27—半地下贮煤场 28—主扇风机

1.1 工作面回采工艺

工作面回采工艺包括落煤、工作面运输和支护几个环节。落煤是用采煤机切割或打眼放炮的方法将煤从煤壁上采落下来；运输是将落下来的松散的煤炭运出工作面；支护则是将工作面附近的采空区顶板用支架或支柱进行支撑，以保证安全生产。

目前，我国工作面回采大都采用长壁工作面后退式采煤法。实现采煤综合机械化是我国煤炭生产发展的一个重要方向。所谓采煤综合机械化，就是在长壁工作面上采用单滚筒或双滚筒联合采煤机组完成落煤和装煤任务（即把煤从煤壁采下，并装在运输机上）；采用液压支架完成工作面顶板支护和推移运输机的任务；采用沿工作面全长敷设的可弯曲刮板输送机完成工作面原煤运输和转载任务；加上为这些机械设备配套的电气设备、工作面通讯系统和顺槽液压泵站等，这就构成了整个工作面的生产系统。

采用综采机械化设备，不仅能够大大提高工作面生产效率，改善作业环境的安全条件，同时，也为实现工作面机械设备的自动化提供了必要的前提。对自然条件恶劣的工作面，综采设备尚不能完全适应。

1.2 井下原煤运输系统

在井下，原煤运输主要分两部分，即采区运输和大巷-主井（包括竖井、斜井和平峒）运输。采区运输是把工作面采出的原煤运至采区煤仓，主要运输设备有刮板输送机和胶带输送机。大巷-主井运输是把采区煤仓的原煤运至地面。目前，大部分矿井采用断续运输方式，即大巷采用电机车运输，竖井采用提升机运输，斜井采用绞车运输。随着胶带输送机的发展，现在已有越来越多的斜井采用胶带输送机把煤直接运到地面。

1.3 选煤生产过程

矿井生产的原煤，一般都应经过洗选加工，按分选比重不同，分为精煤、中煤和矸石等不同产品，以满足各类用户的要求，合理利用煤炭资源。

选煤厂根据工艺流程可分为原煤准备、主洗和煤泥水处理等生产系统。原煤准备生产系统完成由矿井运来的原煤的选矸、除铁和破碎处理等工艺，最

后将其运至原煤仓贮存。主洗和煤泥水处理生产系统，按其洗选方法不同又有跳汰选、重介选和浮游选等不同生产方式。主要洗选设备有跳汰机、浮选机和重介选煤用的立轮或斜轮分选机以及旋流器等。除此之外，还有大量的脱水设备、干燥设备、筛分机、鼓风机、压风机、胶带输送机、刮板输送机、泵、阀门、煤质检验设备等。

1.4 装车贮运系统

选煤厂洗选出来的精煤、中煤等各类产品都在这里贮存、装车和计量销售外运。这里除各种煤仓外，还有放仓、装车机械、计量装置、调车系统和销售记录装置等。

2 煤矿作业特点及对自动化仪表的要求

煤矿作业的特点是：

- 1) 自然环境条件恶劣，有发生冒顶、塌方、水灾、火灾的危险；
- 2) 作业地点分散，工作场所狭窄，黑暗；
- 3) 空气潮湿，含有腐蚀性气体，容易发生霉烂和腐蚀；
- 4) 空气中煤尘大，还含有甲烷、一氧化碳、二氧化碳和其它有害气体，有发生爆炸和窒息的危险；
- 5) 选煤生产机械振动大，噪声大，设备、管路磨损严重，阀门和管路经常发生堵卡现象等。

根据上述煤矿作业的特点，对自动化仪表总的要求是：应具有防潮、防尘、防腐蚀、抗振和防爆等性能；具有相当的机械强度，不怕碰撞，经久耐用；另外，还要做到使用维护方便，便于运输。随着煤矿自动化系统功能的逐步扩大和自动化程度的日益提高，对用于煤矿的自动化仪表和功能单元应逐步做到小型化、系列化、标准化，並要进一步提高仪表的可靠性和抗环境影响的性能。

3 煤炭工业自动化现状

煤炭工业自动化主要包括以下几个方面：工作面自动化；井下运输系统的自动化；井下环境参数的自动测量；矿井通讯现代化；固定生产设备自动化；选煤厂自动化和全矿井调度通讯监控系统等。我国目前煤炭工业自动化现状可以从以下几方面来表述：

- 1) 工作面采运设备的自动控制

采煤工作面主要设备实现遥控和自动化,其目的在于使采掘和运输、支护系统相适应,以提高机械设备的工时利用率,同时为工人的操作提供安全保障。

采煤机组载波控制装置、无线电遥控发射机和接收机,是为采煤机组配套的电控设备,它可由司机离机操作,完成对采煤机、工作面运输机的全部控制功能。

用于采区运输系统的刮板运输机集中控制装置,可控制多台运输机按逆煤流启动,全线瞬时停车。另外,对运输机的断链、斜链和电机堵转等常发性事故由检出器检测并发出信号实现自动保护。还可通过联系信号、启动预告信号和事故报警信号及显示各台运输机的运转及事故状态。

我国研制的工作面通讯、信号、控制装置有隔爆型、隔爆兼安全火花型及安全火花型三种类型。

应用这些装置可实现工作面运输机、转载机的启动前预告报警和运输机的启动、停止。控制台上设有运转、急停显示及事故报警,同时设有自检装置,故障时可防止系统自行启动。安全火花型工作面通讯、信号、控制装置,除在工作面沿线每 12~15m 安装一台安全火花型扩音电话外,在采区内设有选号电话若干台。它能选呼 8 个通讯对象。这套装置还为流动人员设计了便携式电话。所有这些电话都可与地面调度电话相联络。

2) 矿井胶带运输系统的自动控制

目前,我国煤矿胶带运输系统基本可分为两类。一类是由单机长度为 100~300 m 的普通胶带运输机所组成。运输机之间都不设缓冲仓而直接搭接。这类系统要求各台运输机之间有严格的联锁关系。另一类是由单机长度在 1 km 以上的高强度胶带运输机所组成。运输机之间设有较大的缓冲仓。各台运输机之间无需严格的联锁关系。

对于第一类胶带运输系统,可用矿用三遥运动装置来实现整个系统的遥测、遥信和遥控。该装置适用于煤矿的分散对象,信息传输距离可达 10km。

3) 矿井通讯系统

由于井下工作条件多变,地点分散,同时,随着工作面机械化程度的日益提高,采用一种通讯方式已无法满足井下生产的各种要求。为适应这种情况,现已分别采用了扩音电话、感应电话、载波电话、井筒电话以及矿山救护电话等通讯装置。采用矿用

自动电话交换机及调度电话,将为煤矿建立完善的通讯网创造条件。

4) 井下环境参数的检测与矿井通风控制

随着机械化水平和煤炭产量的不断提高,保证井下安全生产的问题日益突出。因此,井下环境参数的集中检测和通风网络控制的迅速实现尤为重要。煤矿环境参数集中检测装置可在井上对井下巷道、工作面等处的沼气含量、一氧化碳含量、氧含量、风速、负压等环境参数进行巡回检测和自动监视报警,还可按一定的时间间隔自动打印制表。

目前正在用电子计算机参与通风系统控制的研究工作。沼气含量的信号进入计算机后,根据需要配合风速系统解算通风网络,取得调风的最佳方案,以便及时合理地控制井下通风设施,使全矿井沼气含量自动限制在安全范围内。

实现通风系统各环境参数的自动检测、集中监视和风量自动调节,将使工作面风流的沼气含量限度放宽 0.5%。

5) 选煤厂自动化

选煤厂自动化的主要目的是稳定产品指标、提高产品质量以满足各种用户的要求,便于选煤厂的生产管理,提高劳动生产率。选煤厂自动化的首要任务是:实现选煤厂机械设备按程序的集中控制;实现对跳汰、浮选、重介等主要洗选生产的过程控制,为全厂生产过程的综合控制创造条件;实现对洗选过程的中间产品和最终产品的质量、数量自动检测。

目前,选煤厂大都采用不同的技术手段实现了全厂或部分主要生产环节的集中控制。主要有固定程序式集控装置和程序可变的顺序控制器两类。

选煤厂有一些跳汰机已安装了自动排料装置。测量床层比重的检出器有浮标式和筛下水反压力式等。排料装置主要用由可控硅调速的直流电机带动叶轮排料。有的还采用执行机构直接控制排料闸门。自动排料对保证跳汰选煤的质量、提高洗选效率有着重要的作用。也有部分选煤厂实现了重介比重的自动控制和浮选煤泥水浓度的自动控制。但有些系统还不完善,控制指标也不太理想,有待进一步研究提高。

为了自动快速检测煤炭灰分,我国研制的数字式 γ 射线灰分仪具有较高的精确度,当被测煤样放入检出器时,灰分仪即可直观地显示出煤样灰分的

数值。

6) 地面装车站运输系统的自动控制

地面装车站的装车方式有单点和多点两种。装车速度除取决于设备本身的性能外,还与装车、计量自动化的程度有关。目前,地面装车系统多数仍为人工操作,手动装车,机车调车,机械秤计量。装车速度较慢,效率也低。一种新型装车称重控制系统由100 t动态电子轨道衡、调车绞车调速装置和集中控制装置几部分组成。它可使每小时的装车量大提高。

4 煤炭工业自动化发展趋势

采煤综合机械化是当今煤炭工业现代化的重要标志之一,它使整个煤炭工业的面貌发生了深刻的变化。采煤综合机械化和矿井的大型化,使生产组

织和管理工作变得复杂,为了提高产量和效率,矿井管理也需要作很大的改进,主要是精简管理层次,采用现代化的通讯设备,建立用电子计算机参与实时控制和数据处理的全矿监控系统。而为了保证矿井安全生产的环境参数自动检测和集中监视装置也必将获得广泛的应用。

煤炭工业进一步现代化的总趋势是实现生产过程的遥控和自动化。从当前国外的控制和监视技术水平来看,已有条件研究和以全矿井为对象的电子计算机控制系统。即矿井的各主要生产环节作为地面计算机控制系统的分系统,通过地面计算机来协调各分系统的工作,这样管理全矿,可使各主要生产环节密切结合,达到生产过程的最佳化和生产效率的全面提高。

第2章 煤矿特殊检测仪表

1 煤矿井下环境参数检测仪表

1.1 煤矿环境参数集中检测装置

煤矿环境参数集中检测装置原理框图如图47.2-1所示。该装置是采用频分制和时分制相结合的多路遥测设备,利用矿井中的电话电缆以脉冲键控载波方式实现远距离信号传输。

图47.2-1中的变送器分别是瓦斯含量、风速、温度、负压变送器,安装在煤矿井下回采工作面、掘进工作面、回风巷等处。可分别将被测地点的瓦斯含量、风速、温度、负压等环境参数变换成0~1 V的直流电压信号。载波及电源电路组装在同一箱内,一方面向变送器提供电源,同时又将变送器输出的电压信号调制成载波脉冲信号,通过高频滤波器和电话电缆送至井上主机,主机将井上传来的各路信号进行处理,作出显示、越限判断和打印记录。

1.1.1 信号传输

煤矿环境参数集中检测装置信号传输原理框图如图47.2-2所示。

被测量变换成电压信号(mV级),由放大器放

大到0~1 V。如果被测值是瓦斯含量,则由电表就地指示。当瓦斯含量超过规定值时,该信号驱动开关电路使扬声器和指示灯发出声光报警信号。上述放大器输出信号通过线路传输后再次经放大,并由电压-频率(V/f)转换器变成脉冲信号,与由TCL稳频载波振荡器输出的 f_r 振荡信号通过调制器调制,形成载波脉冲,再经功率放大、衰减、滤波,然后输送到电话线上。衰减器是调节载波电平用的,以使各路载波信号到达井上时,其幅值大小相近。其衰减量分为四档,根据井下载波及电源箱与地面主机的距离远近来选择。线路高低通滤波器是为防止载波与电话相互干扰而设置的。

井下各测点被测量的载波信号在信号编组电路处进行编组。整机测点为100点,编为10组,每组含10个不同的频率。当测点数量少时,编组应相应减少,但每组内尽量占满10个频率。多组信号经通道采样器、带通滤波器、频道采样器进行时分、频分、采样后顺序进入载波接收机。信号在这里经高放、解调、鉴宽、鉴幅和整形,被还原成V/f转换器输出的脉冲信号,经计数控制门送入计数器进行计数,再经打印寄存器送至打印机进行打印,并经显示寄存器、译码器和显示电路,显示被测量的大小。

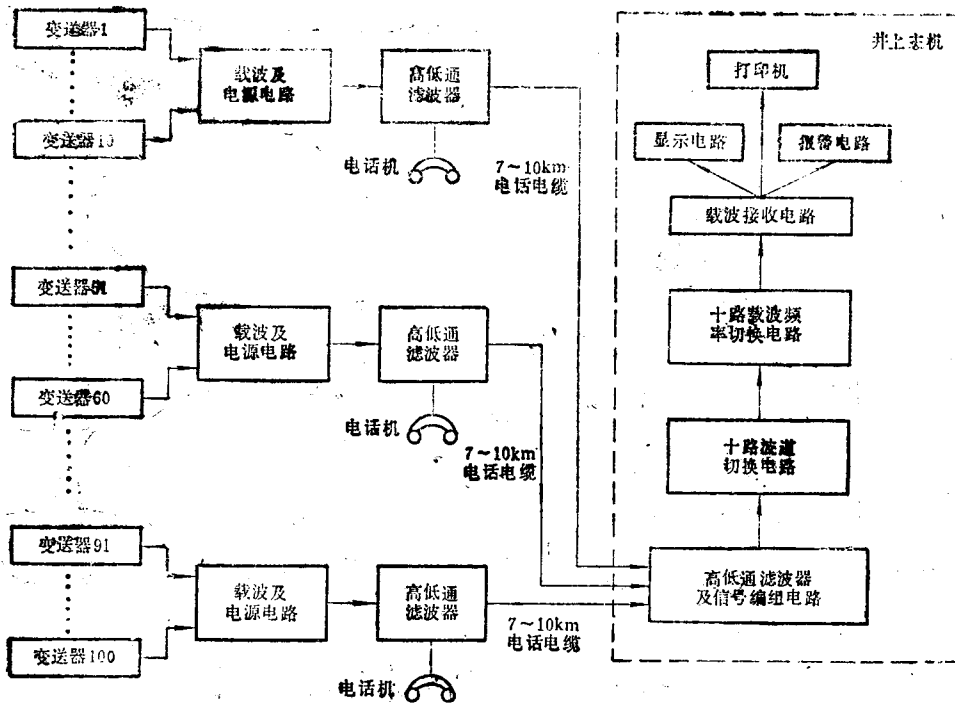


图 47.2-1 煤矿环境参数集中检测装置原理框图

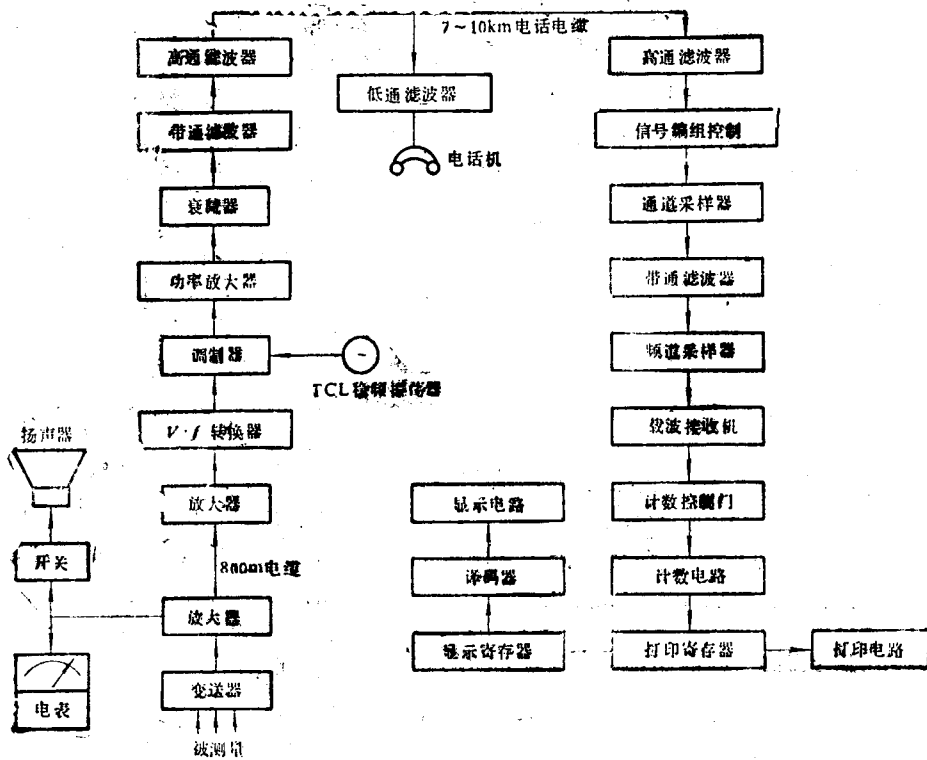


图 47.2-2 信号传输过程框图

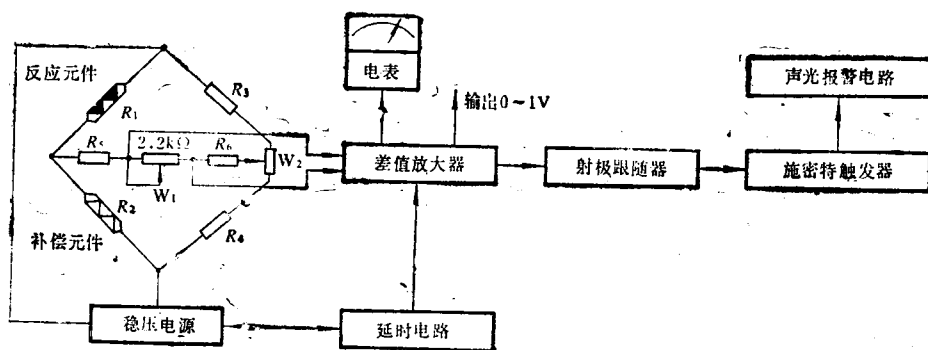


图 47.2-3 瓦斯报警仪原理框图

1.1.2 沼气报警仪

沼气报警仪原理如图 47.2-3 所示。它是一个沼气含量-电量变送器，能在测量点指示沼气含量的大小，并根据预先调整的沼气报警含量发出声光报警信号。

沼气含量-电量变换电路是用热催化反应元件和补偿元件做为电桥的两个臂而组成的测量桥路。补偿元件是在螺旋状的铂金丝上面涂上 Al_2O_3 ；而反应元件则是在补偿元件上涂上催化剂钯而形成。空气中所含的沼气扩散到反应元件上，由于催化剂的作用而产生无焰燃烧，使桥路处于不平衡状态，其对角线输出的电压值能反映出被测点沼气的含量，其输出特性如图 47.2-4 所示。

由图可见，用热催化元件测量瓦斯含量时，最大可测沼气含量为 4%，大于此值时，桥路输出特性就不呈线性了。

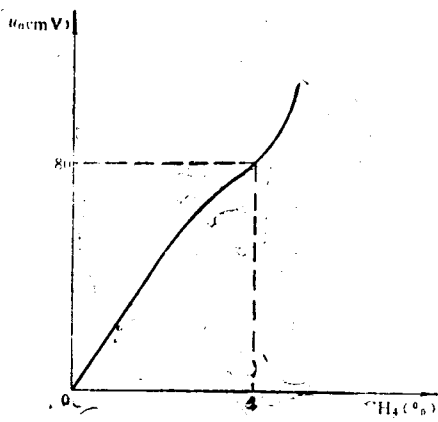


图 47.2-4 沼气含量-电量变换电路输出特性

1.1.3 主要技术指标

煤矿环境参数集中检测装置配有沼气含量、风速、温度、负压等变送器，因而可集中检测这些变送器所传送的环境参数，但在此仅以检测沼气含量的变送器为例，其主要技术指标如下：

- 1) 检测点数：100 点；
- 2) 检测速度：每点采样时间为 1s 或 5s；巡回检测周期为 100s 或 500s；
- 3) 测量范围：0~2.5% CH_4 ；
0~4% CH_4 ；
- 4) 测量误差：
 - 对 0~2.5% CH_4 ， $\leq \pm 0.2\% CH_4$ ；
 - 对 0~4% CH_4 ， $\leq \pm 0.3\% CH_4$ ；
- 5) 指示方式：
 - (1) 主机跟点指示：按测点顺序号以两位十进制数字显示测点地点；以三位十进制数字显示检测点沼气含量；
 - (2) 主机定点指示：按下对应于测点的序号键，可对该测点连续显示沼气含量；
 - (3) 报警仪指示：电表指示沼气含量；
- 6) 报警方式：
 - (1) 主机报警：沼气报警含量共分 0.5%、0.75%、1%、1.5%、2% 等五种，可根据井下各测点需要任选一种；
 - (2) 报警仪报警：可在 0.5~2.5% CH_4 范围内任意整定；
- 7) 记录方式：采用电动打印机打印制表，打印速度为每秒 1 点，全点打印时间为 100 秒；检测速度为每 5 秒 1 点时，供手抄记录用；

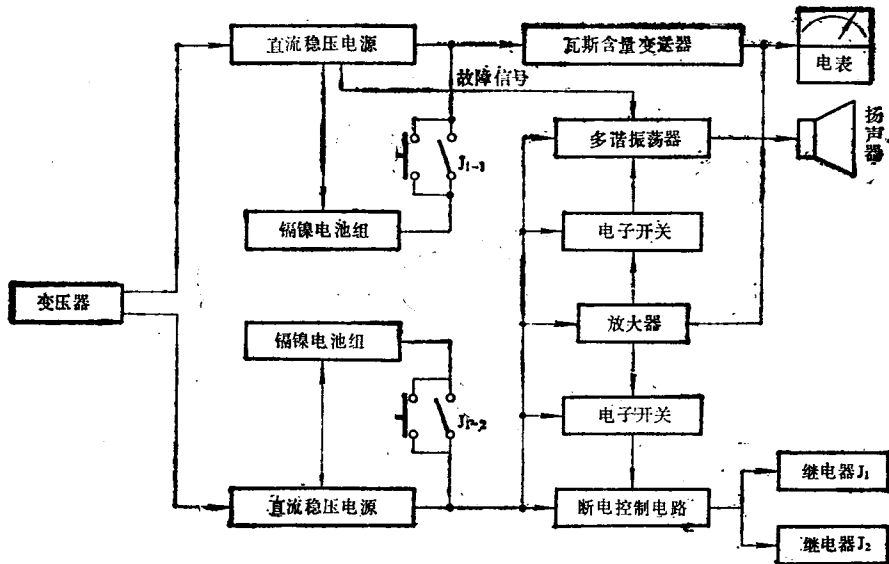


图 47.2-5 采煤机沼气含量监控仪原理框图

8) 信号传输方式:

(1) 沼气报警仪与载波及电源箱之间采用四芯 1.5mm² 橡胶电缆连接, 最大传输距离 800m;

(2) 井下载波及电源箱与井上主机之间借用电话线路作为传输通道。每一对电话线传输载波信号为: 20、28、36、44、52、60、63、76、84、92 kHz 等 10 种频率的脉冲。整个装置需复用 10 对电话线。传输距离为 10km;

9) 载波发射机功率: $\geq 250\text{mW}$;

10) 载波接收机灵敏度: $\geq 20\text{mV}$ 。

1.2 采煤机沼气含量监控仪

采煤机沼气含量监控仪, 是一种连续监视采煤机附近风流中沼气含量的仪器。当风流中沼气含量达到规定值时, 发出报警信号, 超限时自动切断采煤机电源, 保证采煤作业安全进行。

采煤机沼气含量监控仪原理框图如图 47.2-5 所示。

当被测沼气以扩散方式进入检出气室时, 由热催化元件将沼气含量转变成毫伏级的电信号, 一路直接送到电表指示风流中沼气含量; 另一路经放大器放大后控制报警、断电两个电子开关。断电后, 仪表内附设的一组电池投入运行, 以维持仪表工作, 使之继续监视沼气含量。只有当风流中沼气含量又低于设定值时, 放大器才使电子开关复原, 此时电池电

源被切断, 采煤机或其它被控设备才可以再次启动。当仪表检测电路断线时, 报警器发出故障报警信号, 并自动使仪表停止工作, 防止发生事故。

主要技术指标:

1) 测量范围: $0\sim 4\% \text{CH}_4$;

2) 测量误差:

对 $0\sim 2\% \text{CH}_4$, $\leq \pm 0.2\% \text{CH}_4$;

对 $2\sim 4\% \text{CH}_4$, $\leq \pm 0.3\% \text{CH}_4$;

3) 报警点: 在 $1\sim 2\% \text{CH}_4$ 内连续可调; 绝对误差小于或等于 $\pm 0.1\% \text{CH}_4$; 报警方式为起伏声响, 黄色闪光;

4) 断电控制:

(1) 断电点在 $1.5\sim 2.5\% \text{CH}_4$ 内连续可调; 绝对误差小于或等于 $\pm 0.1\% \text{CH}_4$; 断电指示为红色灯光信号;

(2) 复电点在 $0.8\sim 1\% \text{CH}_4$ 之间;

5) 环境温度: $0\sim 35^\circ\text{C}$;

6) 相对湿度: $< 98\%$;

7) 振动条件: 振动频率不大于 25Hz ; 振动加速度不大于 $8g$;

8) 电源电压: $\sim 660\text{V} \pm 15\%$ 。

1.3 矿井一氧化碳分析器

矿井空气中一氧化碳含量是煤矿安全生产和矿井消防工作中的主要检测参量。目前主要采用一氧

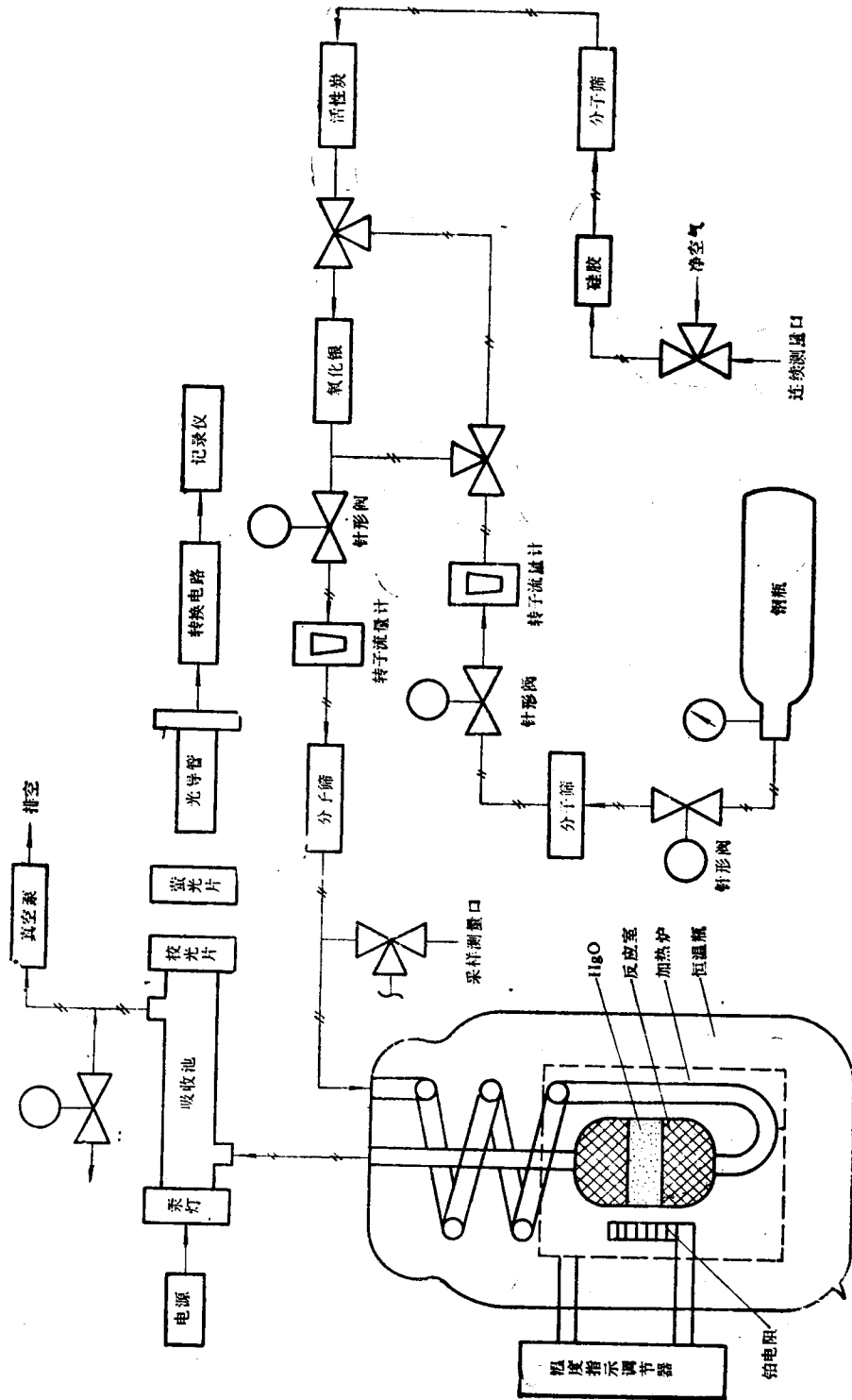
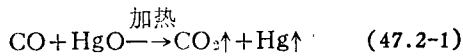


图 47.2-6 一氧化碳分析仪结构框图

化碳分析器来测定。其结构框图如图 47.2-6 所示。

该仪器的工作原理是基于下述化学反应式：



一氧化碳和氧化汞经加热化学反应后能生成汞蒸气，汞蒸气的浓度与一氧化碳的含量成正比。汞蒸气的浓度由采用光电转换原理的测量系统测定。由于汞原子对波长为 2537 Å 的紫外光具有强烈的吸收性质，因此，当这一波长的紫外光通过充满汞蒸气的吸收池时，一部分紫外光被汞蒸气吸收，其吸收量的大小与通入吸收池的汞蒸气的浓度有关，它符合比色测定的比尔定律，即

$$E = \lg \frac{I_0}{I} = KCL \quad (47.2-2)$$

式中 E —— 消光值

I_0 —— 入射光强度 cd

I —— 透射光强度 cd

K —— 消光系数 1/mm·ppm

C —— 汞原子蒸气浓度 ppm

L —— 吸收池长度 mm

因此，汞蒸气浓度越大，吸收紫外光越多，剩余部分的紫外光强度就越弱。剩余部分的紫外光强度与汞蒸气浓度成反比。2537 Å 波长的紫外光能激发萤光物质产生萤光，因此，让通过吸收池后剩余部分的紫外光再去激发萤光片发光，利用光导管接收，通过转换电路变成电信号，供记录显示。

仪器工作过程如下：气样通过三通阀进入气路，先要通过硅胶管、分子筛和活性炭等除去水和有机干扰物。在真空泵的抽吸下，气流受针形阀的控制，流经转子流量计，再经分子筛进一步净化，然后进入装有黄色氧化汞的玻璃反应管，反应管置于保温的杜瓦瓶中。反应管的反应室置于一圆筒形加热器中，室旁放一铂电阻测温元件，通过控温仪自动控制反应温度。气流进入反应管，先经盘形反应管预热，然后进入反应室与氧化汞作用生成汞蒸气。含汞气流在真空泵抽吸下进入吸收池，在吸收池中，对 2537 Å 波长的紫外光进行吸收，产生消光作用。剩余紫外光由萤光片转换为可见光，硫化镉光导管及转换电路将此可见光转换为电信号，并通过记录仪进行记录显示。剩余气体由真空泵排出室外。气路中还有氧化银管，它主要用于制备不含一氧化碳的净空气，以便对仪器进行调零或调基线。标定仪器时

① $1\text{A} = 10^{-10}\text{r}$ ，下同

用钢瓶中的标准气样。

主要技术指标：

1) 测量范围：

采样测量：当吸收池长度为 100mm 时为 0~50 ppm，误差 ± 10%。

连续测量：当吸收池长度为 100mm 时为 0~5 ppm，误差 ± 20%；当吸收池长度为 50mm 时为 0~8 ppm，误差 ± 20%。

2) 精确度：采样测量时为 1 ppm；连续测量时为 0.2 ppm。

3) 再现性：连续工作 8 小时以上，再现性误差不超过 5%。

4) CO-Hg 转换条件：反应室控制温度在 160~200℃ 范围内选择；气体流速 1000~2500 ml/min；HgO 活化温度 220~250℃，氧气流速大于 2500 ml/min，时间一般为 1~2 ns。

5) 环境温度：10~35℃。

6) 相对湿度：≤ 85%。

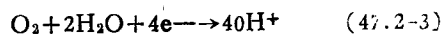
1.4 矿井氧气检测仪

在煤矿中，通风不良的采煤工作面、掘进工作面、煤巷及采空区经常发生缺氧现象，严重时会造成人窒息死亡事故。另外，当煤矿发生火灾、瓦斯爆炸而进行矿山救护时，更离不开氧气浓度的测定。因此，氧气浓度的测定和控制对煤矿井下作业就显得非常重要。

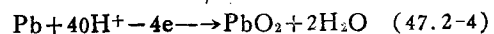
目前，采用加伐尼燃料测氧电池来检测氧气的浓度。该测氧电池结构如图 47.2-7 所示。

加伐尼燃料测氧电池本身就是一个原电池，其阴极是金片，阳极是铅，电解液是氢氧化钾。电池表面有一层塑料薄膜，它的作用是让氧气渗透进入原电池并阻止电解液流出。塑料薄膜可采用聚乙烯、聚四氟乙烯等。

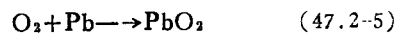
当待测氧气透过塑料薄膜进入原电池后，在阴极产生如下电化学反应：



同样，在阳极产生如下电化学反应：



结果，总反应式为：



根据上述阴极和阳极电化学反应可以看出，阴极和阳极之间存在电动势，如果用小于电池内阻的

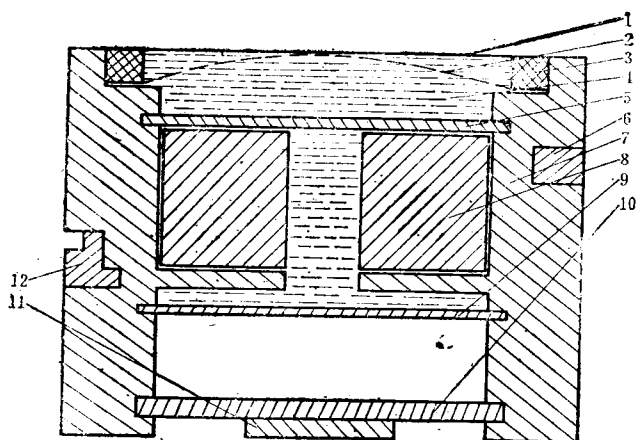


图 47.2-7 加伐尼燃料测氧电池结构示意图

- 1—塑料薄膜 2—阴极 3—压圈 4—电解液
- 5—滤纸 6—阳极接线柱 7—电池槽 8—阳极
- 9—聚乙烯薄膜 10—隔板 11—底盖
- 12—阴极接线柱

负载电阻连接阴极和阳极，则负载电阻中流过的电流强度与被测气体中氧含量成正比。

由电化学反应式(47.2-3)和(47.2-4)可见，此电化学反应只消耗 O_2 和 Pb ，并不消耗 H_2O 和 OH^+ 。因此，电解液浓度不变，从而保证电池的性能稳定。

当加伐尼燃料测氧电池接到如图 47.2-8 所示的电路中，便构成了实用的氧气测定仪，其电流表就可直接指示氧气浓度。

主要技术指标：

- 1) 测量范围：0~25% O_2 ；
- 2) 绝对误差： $\leq \pm 0.5\% O_2$ ；
- 3) 相对误差： $\leq \pm 2\%$ ；
- 4) 环境温度：0~40℃。

该仪器不需要外接电源，适用于井下有瓦斯、煤

尘爆炸危险的场合。

1.5 矿井温度检测仪

井下煤炭，其自燃氧化放出的热量往往由于通风不良而不能有效地散发出来，使煤层局部产生温升，这样又加速了煤的自燃氧化过程，最后造成煤层自燃着火，给煤矿生产和人身安全造成严重威胁。另外，井下电气设备运行不正常，引起设备温度升高，严重时也会造成矿井着火。因此，及时准确地检测煤壁和电气设备的温度，对消除隐患，保障安全非常重要。

红外线测温仪就是适用于检测煤矿自燃发火的检测仪。其原理框图如图 47.2-9 所示。

被测物体辐射出的红外线，被红外线光学组镜聚焦，经光学调制盘调制成交变红外信号，会聚在浸没型热敏电阻红外检出器上。该检出器是由锰、钴、镍的氧化物制成的半导体薄片，其温度系数为 $-0.04/K$ ，能检测毫瓦级辐射能

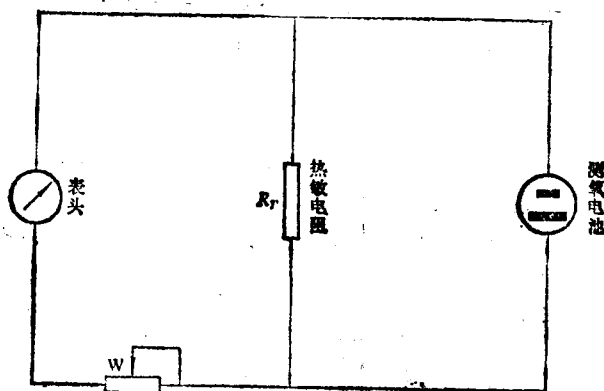


图 47.2-8 矿井氧气测定仪原理图

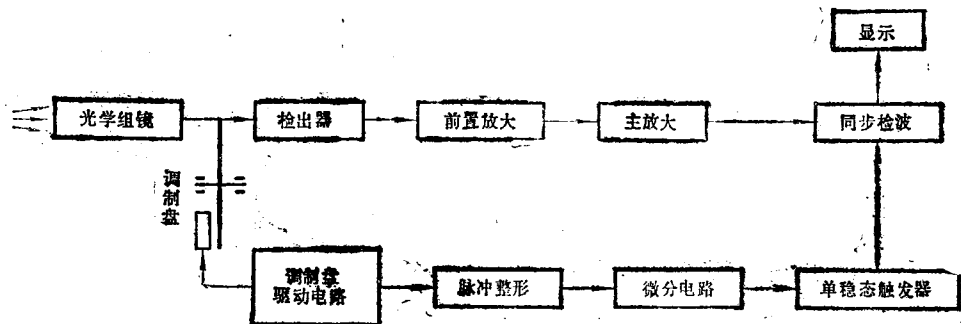


图 47.2-9 红外线测温仪原理框图

量,可在室温下工作。窗口材料采用单晶锗,从而可获得较好的光谱响应。浸没型热敏电阻红外检出器把接收的光信号转变成电信号,再经前置放大、主放大、同步检波变成直流电信号(其大小随被测物温度高低而变化),由电流表头显示出来。同步检波的参比信号是由晶体管斩波器输出的脉冲信号,经整形、微分、单稳态触发器电路处理成方波信号。

主要技术指标:

- 1) 测量温度范围: 0~100℃;
- 2) 最小鉴别温差: 0.5℃;
- 3) 视场范围: 具有 1.5° × 1.5° 的视场, 距 5m 远时, 可测目标面积为 50cm²。当目标充满仪器视场时, 测量准确。

2 同位素灰分仪

数字式 γ 射线灰分仪, 是在选煤厂跳汰精煤时用作产品质量检查的一种专用仪表。它可直接显示被测煤样的灰分。其工作原理是: 当一束低能 γ 射线照射到煤样上时, 一部分射线被煤样吸收, 另一部分射线被煤样散射回来, 用闪烁计数器可以检测到这种散射的 γ 射线, 在一定的灰分范围内, 散射 γ 射线的强度与煤样灰分的含量成反比:

$$N_s \propto \frac{1}{A_f}$$

式中 A_f —— 被测煤样的灰分

N_s —— 正比于散射 γ 射线强度的脉冲数

煤样灰分与 N_s 的关系可用如下数学表达式表示:

$$A_f = \frac{N_o - N_s}{K}$$

式中 N_o —— 计数设定值

K —— 仪器的分频系数

由上式可知, 只要测得 N_s 的数值, 煤样的灰分也就确定了。

数字式 γ 射线灰分仪原理框图如图 47.2-10 所示。

主要技术指标:

- 1) 放射源: A_m^{241} , 100 mci × 3, 半衰期为 460 年;
- 2) 煤样重量: 15kg;
- 3) 灰分测量范围: 7~13%;
- 4) 煤样粒度: 0.5~13 mm;
- 5) 水分波动范围: ± 2%;
- 6) 测量误差: ± 0.5%;
- 7) 测量时间: 0.01~99.99 s 可调;
- 8) 使用环境温度: 0~40℃;
- 9) 电源电压波动范围: $\sim 220V_{-15\%}^{+10\%}$ 。

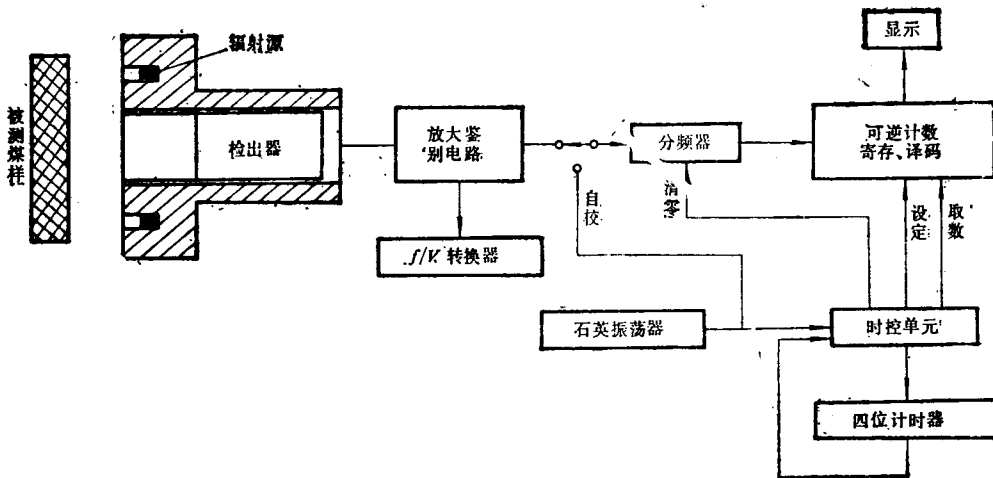


图 47.2-10 数字式 γ 射线灰分仪原理框图

第3章 在煤炭工业生产中应用举例

1 煤炭工业主要自动化仪表应用一览表

随着技术的进步,煤炭工业应用自动化仪表的范围正在逐渐扩大,其主要应用如表 47.3-1 所示。

表 47.3-1 煤炭工业自动化仪表主要应用一览表

仪表名称	主要用途
电磁流量计	测量浮选入料矿浆流量
涡轮流量计	测量浮选用药剂的流量
同位素浓度计	测量浮选入料矿浆的浓度
电容液位计	测量定压水箱、药剂油箱、水塔等液位
电子皮带秤	计量原煤、产品精煤、中煤
电子轨道衡	计量销售精煤
电动执行器	控制跳汰机闸门、清水阀门
差压变送器	检测重介矿浆浓度
温度变送器	检测真空泵、鼓风机等轴承、电机温度
远传真空表	检测真空泵真空度
远传压力表	检测空压机风包压力
巡回报警器	监视大型设备的轴承、电机温升超限
闪光报警器	监视电力变压器、配电屏电源进线跳闸
速度传感器	检测胶带打滑、断带、超速故障
步进式顺序控制器	选煤厂局部或全厂集中控制
矿用三通运动装置	监控矿井胶带输送机

2 在矿井运输系统中的应用

2.1 运输系统工艺流程

由胶带输送机组成的大巷、斜井运输系统主要有以下三种形式,如图 47.3-1 所示。

由于各矿的地质条件、采煤过程及设备的组成等因素的不同,实际运输系统是各不相同的。现举

一典型的大巷、斜井胶带运输系统来说明其设备组成情况、运输工艺过程及对自动控制的要求,该系统如图 47.3-2 所示。

图中 JS₁₁~JS₁₃ 分别是三个采区的胶带输送机,把三个采区的煤各自运至采区煤仓 MC₅~MC₇,再通过仓下给煤机 GM₄~GM₆ 送到大巷及斜井胶带输送机 JS₁₀、JS₉、JS₈ 上。主运输系统由 JS₁~JS₁₀ 等十部胶带输送机组成。这样,三个采区的煤被集中运到井上煤仓 MC₄。在入井上煤仓之前,先经过振动筛 ZS 进行分级,把大块矸石选出,并把大块煤破碎。井下胶带输送机及其关联设备,由三个井下配电室供电。

实现该运输系统自动化的主要技术要求如下:

1) 为了节省电力,减少机械磨损,在正常情况下,一般采用顺煤流启动和顺煤流停车方式。例如,图 47.3-2 中先是第三采区出煤,则应先启动 JS₈ 输送机,经过时间 T₀ 后启动给煤机 GM₆,根据系统具体情况,可取 T₀=10~20s。由 JS₈ 启动到它下部输送机 JS₇ 启动之间的时间间隔为 T_s,其值为:

$$T_s = \frac{L_s}{V_s} \quad s$$

式中 L_s——输送机 JS_s 的运输长度 m

V_s——输送机 JS_s 胶带运行速度 m/s

JS₇ 启动后,经延时 T_r,则 JS₆ 启动,其余类推,直到 JS₁ 启动后,整个启动过程结束。在启动过程中,任一部输送机启动后到下一部输送机启动之间的时间间隔都可按上述公式计算。

停车过程是先停给煤机 GM₆,经延时(T₀+T_s)

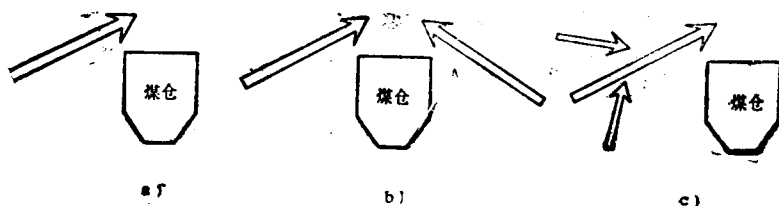


图 47.3-1 大巷、斜井胶带运输系统形式

a) 单翼运输 b) 两翼运输 c) 单翼分支运输

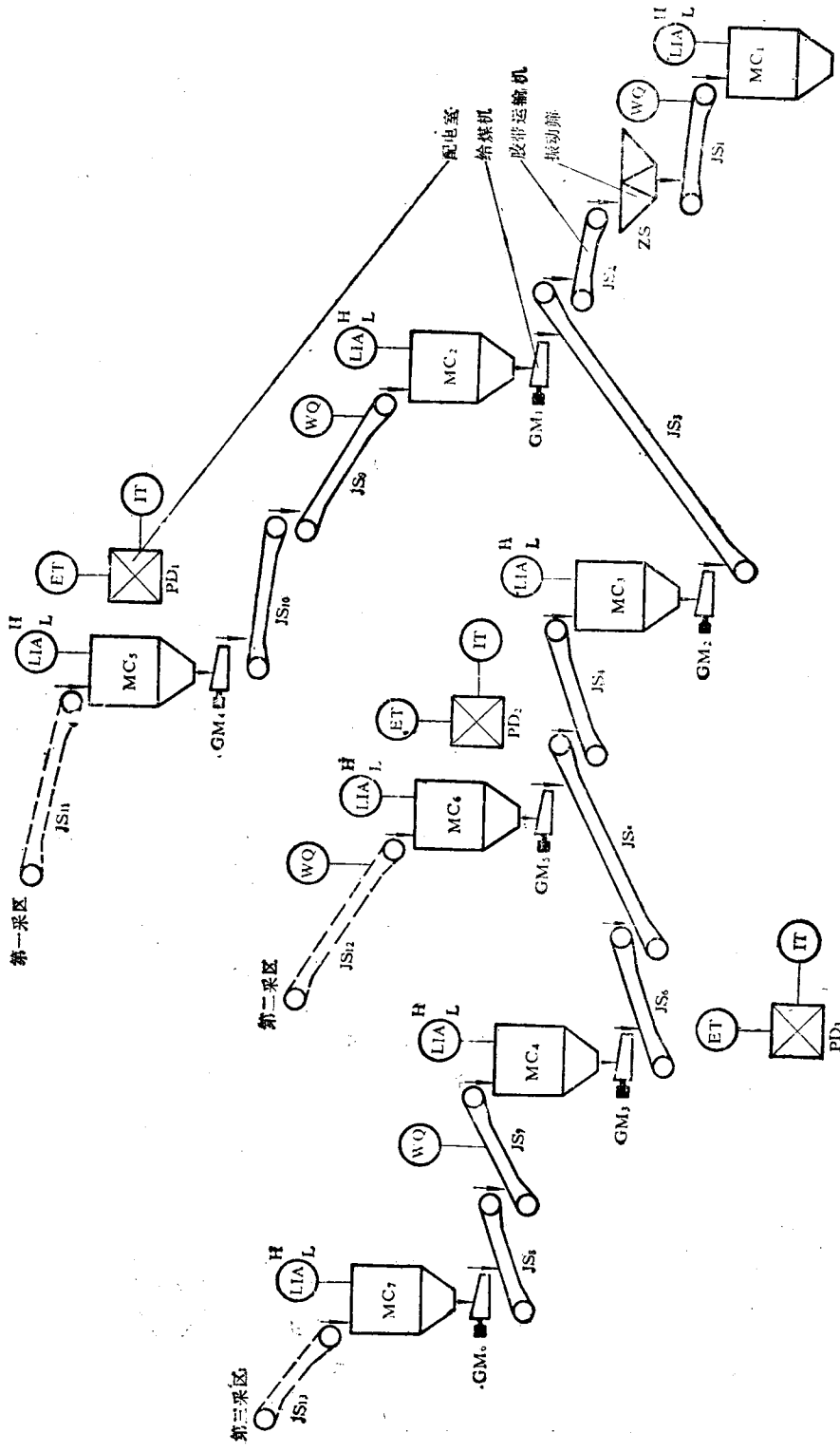


图 47.3-2 典型胶带运输系统
 JS₁~JS₁₁—胶带输送机 GM₁~GM₆—给煤机 MC₁—井上煤仓 MC₂~MC₇—缓冲煤仓 MC₈~MC₁₁—采区煤仓 PD₁~PD₃—配电站 ZS—振动筛



图 47.3-3 顺槽运输机线集中控制原理框图

后停 JS_6 ，再经延时 T_7 后停 JS_7 ，其余类推，直至 JS_1 停车结束。

2) 自动控制系统的顺煤流启动和顺煤流停车环节发生故障或运输机载有负荷时，应采用逆煤流启动方式，这时各部运输机启动时间间隔一般取 $5\sim 7s$ 。

3) 可根据出煤情况实现部分运输机的启动或停车，也可进行补充启动。例如，先是第二采区出煤，则 $JS_1\sim JS_6$ 这五部运输机以顺煤流或逆煤流方式启动。而后若第三采区要出煤时，则 $JS_6\sim JS_8$ 这三部运输机也可以进行顺煤流启动或逆煤流启动。停车过程也一样。

4) 在运输系统中运行着的运输机，若有一部故障停车时，从该运输机起逆煤流方向的各运输机都应立即停车。

5) 运输系统中各运输机及其关联设备，应设有可靠的保护环节(主要有胶带速度、跑偏、撕裂、电机单相运转、过载、温度等保护环节)和监视、检测信号(如装仓煤位、机头堆煤等)，以保证系统的可靠运行。

6) 运输系统中各运输机及其关联设备的运行状态及故障情况，在集中控制室要有显示或定时打印制表。

2.2 顺槽运输机线集中控制装置

该装置适用于采煤工作面顺槽运输机线，以刮板运输机为控制对象。采用 $660V$ 以下动力线为载波传输线，载波信号为常发式，因此，实际上它是一个频分制的多路载波传输控制系统，其原理框图如图 47.3-3 所示。一台运输机设置一台控制箱，首台处另设有集中显示器，尾台来料处还设有只装收发 f 信号的控制箱，供尾台来料处司机和首台司机互相联络使用。当首台收到尾台来料处司机发出的启车信号后，首台司机发出启动指令，启动首台运输机，同时接通 f_1 发射机电源，发出 f_1 信号。尾台控制箱内的 f_1 接收机收到 f_1 信号，控制尾台 f 发射机发出 f 信号，这时，凡装有 f 信号接收机的控制箱均收到 f 信号，而控制各自电铃电路发出响铃报警，表示运输机开始启动。第 2 台控制箱的 f_1 接收机收到 f_1 信号后，经 $3\sim 4s$ 延时，控制第 2 台运输机启动，

同时接通 f_2 发射机电源, 发出 f_2 信号, 从而使第 3 台运输机启动, 这样一台接着一台顺序启动, 当尾台接收到 f_{n-1} 信号后, 一边控制尾台运输机启动, 一边切断 f 发射机电源, 停发 f 信号, 全线电铃停响, 表示全线运输机启动结束。在启动过程中, 显示箱按顺序收到 $f_1 \sim f_n$ 信号, 控制指示灯逐个点亮, 表示运输机正常运转。在运转过程中, 任一台运输机发生故障停车时, 则该台控制箱的信号发射机停止发信, 使下一台接收机收不到该信号而使运输机停车。这样, 从事故运输机起逆煤流方向的运输机均联锁停车。尾台控制箱的 f 信号发射机又发出 f 信号, 控制电铃回路发出响铃报警, 表示运输机线中有故障运输机。这时, 显示箱上从事故台起逆煤流方向各台的指示灯均熄灭, 指示出故障所在台。

主要技术指标:

- 1) 使用环境: 可在各种瓦斯等级的煤矿井下使用;
- 2) 载波频率: 信号用频率为 39、43、47、51、55、59、63、67、71、75、79、127、131、135、139、143、147、151、155、159、163、167、171、175、179、183、187、191、195、199 kHz 等, 共计二十路, 通道可复用井下 660V 以下动力线;
- 3) 发射机频率稳定度: 当负载从 5~100Ω 变化时, 偏离标称频率小于 ±50Hz;
- 4) 发射机输出功率: 负载为 5Ω 时, 输出功率大于 450mW;
- 5) 发射机输出正弦波失真度: 小于 10%;
- 6) 接收机灵敏度: 对于控制接收机为 100~150mV; 对于信号接收机为 60~100mV;
- 7) 安全火花电源指标: 工作电流 6.2mA, 短路电流 45mA。

2.3 矿用三遥远动装置

矿用三遥远动装置用于对煤矿胶带运输系统进行遥测、通讯和遥控。它主要由信息传输、逻辑控制、执行机构和检出元件三部分组成, 其原理框图如图 47.3-4 所示。

2.3.1 主要技术指标

- 1) 传送方式: 1:N (N≤36);
- 2) 每个执行端传输信息量: 遥信为 19 路; 遥测为 6 路; 遥控为 3 路;

- 3) 传输速率: 200Bd;
- 4) 同步方式: 逐步同步;
- 5) 传输距离: 10km (在电缆芯线截面积为 2.5mm² 和传送方式为 1:36 的情况下);
- 6) 结构形式: 调度端为非隔爆型; 执行端为隔爆兼安全火花型。

2.3.2 装置工作原理

矿用三遥远动装置采用时间划分制, 在调度端和执行端都设有信号分配器, 由 x 分配器和 y 分配器组成。 x 分配器为 12 步; y 分配器为 8 步。这样, 每个执行端就借以组成各种所需的信息, 其编码如表 47.3-2 所示。

表 47.3-2 编 码 表

	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	
y ₀	Z ₀	选 址 呼 叫						xG ₁	xG ₂				
y ₁	xG ₃	选 址 回 答						xG ₄	xG ₅				
y ₂	xG ₆	xG ₇	xG ₈	xG ₉	遥 测 1								
y ₃	Q ₁	T ₁	Q ₂	T ₂	遥 测 2								
y ₄	xG ₁₀	xG ₁₁	xG ₁₂	xG ₁₃	遥 测 3								
y ₅	JQ	xG ₁₄	xG ₁₅	JT	遥 测 4								
y ₆	xG ₁₆	xG ₁₇	xG ₁₈	xG ₁₉	遥 测 5								
y ₇	Q' ₂	T' ₂	Q' ₁	T' ₁	遥 测 6								

表中 Z₀(x₀, y₀) 作同步用。在 Z₀ 时, 调度端通过电缆同步传输线向各执行端发送一个正极性的同步脉冲, 使每个执行端的信号分配器都处于清零状态。为了保证执行端的每一步都与调度端同步, 又采用调度端与每个执行端的分配器都由同一个 GP₀ 时钟脉冲推动, 从而保证整个系统的同步工作。

地址选择是采用 9 中取 2 组合的编码方法, 故可选择 36 个对象 (即 C₂⁹ = 9×8/2×1 = 36)。

为了保证选址的可靠性, 装置中还在执行端设有选址回答环节, 在调度端设有地址校核环节。当某一个执行端接收到选址信号时, 在 y₁ 的 x₁~x₉ 时刻将它本身的地址码 (与它所接收到的码一样) 由地址回答环节送回到调度端, 调度端的地址校核环节将 (y₀, x₁~x₉) 和 (y₁, x₁~x₉) 的码进行比较。若两者完全一样, 则表示选址正确, 三遥过程可以正常进行; 若两者不完全一样, 则表示选址有误, 对该执行

