



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105182820 B

(45)授权公告日 2017.12.05

(21)申请号 201510527484.X

(22)申请日 2015.08.25

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105182820 A

(43)申请公布日 2015.12.23

(73)专利权人 太原理工大学  
地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街79号

(72)发明人 宋建成 田慕琴 许春雨 吝伶俐 郭俊 于亚运 耿泽昕

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 刘宝贤

(51)Int. Cl.

G05B 19/04(2006.01)

(56)对比文件

- CN 203965908 U, 2014.11.26,
- CN 104184637 A, 2014.12.03,
- CN 103306700 A, 2013.09.18,
- KR 20060072423 A, 2006.06.28,
- US 2011/0224835 A1, 2011.09.15,
- CN 101418688 A, 2009.04.29,
- JP H09158681 A, 1997.06.17,
- CN 101727085 A, 2010.06.09,

王新军等. “煤矿综采工作面集中监控系统设计与实现”. 《机电工程技术》. 2015, 第44卷(第4期),

审查员 何晟

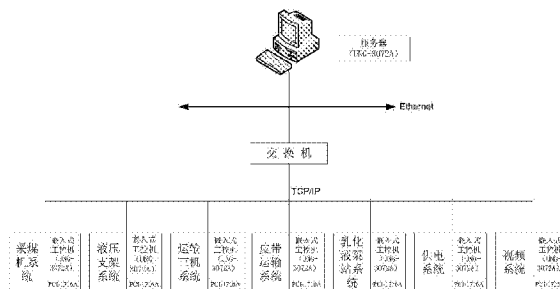
权利要求书2页 说明书14页 附图3页

(54)发明名称

一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法

(57)摘要

一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,其所述方法是基于煤矿综采工作面大型装备的采煤机系统、液压支架系统、工作面运输系统、乳化液泵站系统、移动变电站系统和视频监控系统,并通过高速嵌入式计算机UNO-3072A、高速数据采集卡PCI-1716、PowerBuilder前端开发平台、SQLServer数据库、Modbus TCP/IP通讯协议和工业以太网,进行实时监测、集中协调控制和信息通讯网络,实现煤矿井下综采工作面大型装备的集中控制。本发明实现了煤矿综采工作面的生产自动化,填补了国内无人值守自动化采煤领域的技术空白,打破了国外对该项技术的垄断,具有实际应用推广价值。



1.一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,所述方法是基于煤矿综采工作面大型装备各子系统,包括采煤机系统、液压支架系统、工作面运输系统、乳化液泵站系统、移动变电站系统和视频监控系统,并通过控制层高速工控机及其高速数据采集卡、前端开发平台、数据库、通讯网络,在集中控制平台的集中协调控制下,实现煤矿井下综采工作面大型装备各子系统按采煤工艺自动进行无人值守的采煤方法;其特征在于:所述集中控制平台的实现方法包括实时监测、集中协调控制和信息通讯;具体实现方法是按下列步骤进行的:

1)所述实时监测是由高速数据采集卡采集所述大型装备各子系统的信息,经所述控制层高速工控机汇总融合后,以网络通讯协议进入控制层高速工控机,进行实时监测控制,所述实时监测的控制方法如下:

(1)实时监测采煤机系统的采煤机截割头振动、电机的电流和温度、减速箱的温度;泵箱的温度、油温、油位和油压;变频器输入/输出电流、电压、频率和功率;采煤机系统的采煤机运行速度和运行方向;各部分冷却水的流量、压力和外喷雾流量;当监测量超过设定值后,系统自动进行报警,并显示故障信息;

(2)实时监测液压支架系统的液压支架前立柱压力、后立柱压力、推移行程和采煤机位置;

(3)实时监测工作面运输系统中刮板输送机电机电流和绕组温度,减速箱的油温、油位和轴温,冷却水的压力和流量,油缸压力,皮带部分的堆煤、烟雾、纵撕、断带、打滑和张紧的故障信息;

(4)实时监测乳化液泵站系统的供水量、供油量、油温、油位、进口压力、出口压力、液位和浓度;

(5)实时监测移动变电站系统的一次侧的A/B/C相电流、电压、漏电电流和电源频率;二次侧的电压、电流和绝缘电阻;一次侧和二次侧的漏电、过流、短路、超温和断相故障状态;

2)所述集中协调控制是利用控制层高速工控机对大型装备各子系统传送的信息进行分析判断,若判断大型装备各子系统装备状态正常,则根据采煤机位置进行相应的控制;所述集中协调控制的方法如下:

(1)综采工作面开始采煤时,装备按逆煤流顺序启动控制;

(2)采煤机位置的双重判断和校正;

采煤机开始工作时应位于工作面的一端,并将此时采煤机位置设置为初始位置,在采煤机运行过程中不断记忆其行走的刮板输送机链节数,由此判断采煤机行走位置,同时结合液压支架系统由红外线传感器检测的采煤机位置,如果两者一致,则由此自动控制相应液压支架动作,实现自动追机拉架;如果两者不一致,则报警,停止采煤机运行;每完成一个往返采煤过程,采煤机回到工作面的初始位置;

(3)集中控制平台根据采煤机位置及运行方向自动判断采煤工艺段,发出集中控制命令,使相应液压支架自动跟踪采煤机实施相应的动作;

(4)在采煤过程中,控制层高速工控机根据采煤机截割头振动、油压和滚筒电机电流对滚筒高度进行自动调整,控制方案是基于记忆截割的轨迹目标预见控制方法,这种方法是依据带有径向基神经网络的煤岩界面识别技术实现的;

(5)在采煤过程中,控制层高速工控机根据油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤

机位置对刮板输送机链条进行自动张紧力控制,刮板输送机链条自动张紧装置由油缸压力、刮板输送机运行电流和采煤位置融合后进行自动控制;

(6)在采煤过程中,控制层高速工控机自动根据采煤机位置控制视频监控系统中摄像头的点亮和熄灭,减小海量视频监控信息量传送;

(7)控制层高速工控机在启动采煤工作时,首先采集大型装备各子系统的工作状态信息,判断是否开始正常工作,判断方法为向每一设备发出问询信号,大型装备各子系统接到问询信号后,将约定好的表示自身状态的信息回应给控制层高速工控机,集控平台的控制层高速工控机经过判断后,若满足启动条件,则发出启动信号;

a、在采煤过程中,检测到刮板输送机有堆煤发生,此时控制层高速工控机立刻控制电液控制系统中的端头液压支架,启动安装在一级护帮上的铁爪动作,将堆煤快速送入转载环节;

b、在采煤过程中,集中控制平台将集控命令发给电液自动控制系统的端头控制器,再由端头控制器控制支架控制器执行具体动作,当检测到液压支架电液控制系统的通讯中断时,即时启动电液控制系统的另一个端头控制器,由两个端头控制器分别负责中断故障发生后中断点两侧控制器正常受控进行动作;

c、在采煤过程中,集中控制平台根据采煤机工作状况自动调整工作面运输系统装备的运行速度;

d、在采煤过程中,集中控制平台判断出乳化液泵的进口压力和出口压力大于1.1Mpa时,自动启动反冲洗过滤器;

3)所述信息通讯网络是大型装备各子系统与集中控制平台信息传送的网络结构和通讯模式,控制层高速工控机与大型装备各个子系统的控制层高速工控机是基于TCP/IP协议的网络通讯,所述信息通讯网络的控制方法如下:

(1)控制层高速工控机与各个子系统的高速工控机是通过信息通讯网络进行通讯;

(2)控制层高速工控机作为客户端,大型装备各子系统都作为服务器端,控制层高速工控机每隔500ms轮巡一次所有大型装备子系统,然后根据巡检结果给出控制量。

2.如权利要求1所述的实现方法,其特征在于:所述控制层高速工控机是高速嵌入式计算机UN0-3072A;高速数据采集卡是PCI-1716;前端开发平台是PowerBuilder;数据库是SQLServer;通讯协议是Modbus TCP/IP;通讯网络是工业以太网Ethernet。

## 一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种集中控制平台的实现方法,尤其是煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法。

### 技术背景

[0002] 我国煤炭资源储量丰富,比重占一次能源的70%以上。我国煤炭工业一直走着“粗放、高危、无序”的发展之路,普遍存在着产能与市场需求脱节、设备种类繁多、自动化程度单一低下等问题。在经历了黄金十年的发展之后,煤炭行业现在正处于低谷时期,面临着煤价持续走低、销量不断下滑、盈利大幅降低等问题。但是,煤炭作为我国的主导能源,在今后较长时期内,国内对煤炭的需求量依然会呈现增长趋势。根据预测我国煤炭在2015、2020、2030年的需求量分别为37亿~39亿,39亿~44亿、45亿~51亿t,从我国现有的煤炭开采设备来看,实现了单个设备部分功能的自动控制,实现了对大部分设备的实时监测,但是大部分设备的操控依然离不开人工手动机械操作,煤炭开采装备现状严重威胁着煤矿生产安全,制约着煤炭产量的提升。

[0003] 综采工作面采煤装备主要包括采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机、泵站、顺槽皮带输送机。目前综采工作面在煤从煤壁落下到运送出工作面的整个过程中,煤依次经由采煤机、刮板运输机、转载机、破碎机和皮带设备,形成煤流。由于煤流的确定性,为了防止综采设备在起动过程、停止过程或者设备故障停机过程中出现堆煤等现象,故需要对综采设备启动、停止或者设备故障停机过程中确立一定的起停顺序和故障停机保护措施。在工作面开始工作时,为了让煤流可以顺利进行,避免堆煤,在起停设备的时候,综采设备的起动顺序必须按照皮带、破碎机、转载机、刮板输送机和采煤机的顺序进行,即逆煤流起动。在工作面从工作到停止时,为了让采煤机割下的煤顺利的全部运输至工作面外,同时为下一次起动做好准备工作,综采设备的停止顺序必须按照采煤机、刮板输送机、转载机、破碎机和皮带的顺序进行,即顺煤流停止。在工作面的设备因故障而出现自动停机时,为了尽可能的避免因堆煤而造成其它设备过负荷,在故障设备顺煤流方向的设备按照顺煤流的顺序依次停机,在故障设备逆煤流方向的设备全部急停。由上可见,目前综采工作面各装备的控制仅仅是简单的启停控制,而且各个装备之间没有信息沟通的渠道,无法实现真正的自动连锁控制。英国在上世纪八十年代就诞生了无或少人值守工作面,也就是说,一个采煤工作面,只需要很少几个人就能完成采、支、运、供各大环节的自动衔接,达到了高效生产的目的,大大提高了生产效率。但在集控平台控制下的多装备统一协调的智能化集控制模式,在国外和国内还未有应用报道。因此建立综采工作面大型装备的集中控制平台,探索综采工作面群控系统的集中协同智能化控制规律,提出适用于综采工作面采煤装备的智能控制方法和控制策略,为实现综采工作面无人值守的自动化采煤目标提供理论和技术支持是非常必要的。

[0004] 本发明“一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法”就是为实现上述目标而提出的。

## 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种用于煤矿井下综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,以解决煤矿井下无人值守工作面采煤的集中控制问题。

[0006] 实现上述目的的具体技术方案如下。

[0007] 一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,其所述方法是基于煤矿综采工作面大型装备各子系统,包括采煤机系统、液压支架系统、工作面运输系统、乳化液泵站系统、移动变电站系统和视频监控系统,并通过控制层高速工控机及其高速数据采集卡、前端开发平台、数据库、通讯网络,在集中控制平台的集中协调控制下,实现煤矿井下综采工作面大型装备各子系统按采煤工艺自动进行无人值守的采煤方法;

[0008] 所述集中控制平台的实现方法包括实时监测、集中协调控制和信息通讯网络;

[0009] 1)所述实时监测是由高速数据采集卡采集所述大型装备各子系统的信息,经所述控制层高速工控机汇总融合后,以网络通讯协议进入控制层高速工控机,进行实时监测控制,所述实时监测的控制方法如下:

[0010] (1)实时监测采煤机系统的采煤机截割头振动、电机的电流和温度;减速箱的温度;泵箱的温度、油温、油位和油压;变频器输入/输出电流、电压、频率和功率;采煤机系统的采煤机运行速度和运行方向;各部分冷却水的流量、压力和外喷雾流量;当监测量超过设定值后,系统自动进行报警,并显示故障信息;

[0011] (2)实时监测液压支架系统的液压支架前立柱压力、后立柱压力、推移行程和采煤机位置;

[0012] (3)实时监测工作面运输系统中刮板输送机电机电流和绕组温度,减速箱的油温、油位和轴温,冷却水的压力和流量,油缸压力,皮带部分的堆煤、烟雾、纵撕、断带、打滑和张紧的故障信息;

[0013] (4)实时监测乳化液泵站系统的供水量、供油量、油温、油位、进口压力、出口压力、液位和浓度;

[0014] (5)实时监测移动变电站系统的一次侧的A/B/C相电流、电压、漏电电流和电源频率;二次侧的电压、电流和绝缘电阻;一次侧和二次侧的漏电、过流、短路、超温和断相故障状态;

[0015] 2)所述集中协调控制是利用控制层高速工控机对大型装备各子系统传送的信息进行分析判断,若判断大型装备各子系统装备状态正常,则根据采煤机位置进行相应的控制;所述集中协调的控制方法如下:

[0016] (1)综采工作面开始采煤时,装备按逆煤流顺序启动控制;

[0017] (2)采煤机位置的双重判断和校正;

[0018] 采煤机开始工作时应位于工作面的一端,并将此时采煤机位置设置为初始位置,采煤机在运行过程中不断记忆其行走的刮板输送机链节数,由此判断采煤机行走位置,同时结合液压支架系统由红外线传感器检测到的采煤机位置,如果两者一致,则由此自动控制相应液压支架动作,实现自动追机拉架;如果两者不一致,则报警,停止采煤机运行;每完成一个往返采煤过程,采煤机回到工作面的初始位置;

[0019] (3)集中控制平台根据采煤机位置及运行方向自动判断采煤工艺段,发出集中控

制命令,使相应液压支架自动跟踪采煤机实施相应的动作;

[0020] (4) 在采煤过程中,控制层高速工控机根据采煤机截割头振动、油压和滚筒电机电流对滚筒高度进行自动调整,控制方案是基于记忆截割的轨迹目标预见控制方法,这种方法是依据带有径向基神经网络的煤岩界面识别技术实现的;

[0021] (5) 在采煤过程中,控制层高速工控机根据油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤机位置对刮板输送机链条进行自动张紧力控制,刮板输送机链条自动张紧装置由多变量,即油缸压力、刮板输送机运行电流和采煤位置融合后进行自动控制;

[0022] (6) 在采煤过程中,控制层高速工控机自动根据采煤机位置控制视频监控系统中摄像头的点亮和熄灭,减小海量视频监控信息量传送;

[0023] (7) 控制层高速工控机在启动采煤工作时,首先采集大型装备各子系统的工作状态信息,判断是否开始正常工作,判断方法为向每一设备发出问询信号,大型装备各子系统接到问询信号后,将约定好的表示自身状态的信息回应给控制层高速工控机,集控平台的控制层高速工控机经过判断后,若满足启动条件,则发出启动信号;

[0024] a、在采煤过程中,检测到刮板输送机有堆煤发生,此时控制层高速工控机立刻控制电液控制系统中的端头液压支架,启动安装在一级护帮上的铁爪动作,将堆煤快速送入转载环节;

[0025] b、在采煤过程中,集中控制平台将集控命令发给电液自动控制系统的端头控制器,再由端头控制器控制支架控制器执行具体动作,当检测到液压支架电液控制系统的通讯中断时,则会立即启动电液控制系统的另一个端头控制器,由两个端头控制器分别负责中断故障发生后中断点两侧控制器正常受控进行动作;

[0026] c、在采煤过程中,集中控制平台根据采煤机工作状况自动调整工作面运输系统装备的运行速度;

[0027] d、在采煤过程中,集中控制平台判断出乳化液泵的进口压力和出口压力大于1.1Mpa时自动启动反冲洗过滤器;

[0028] 3) 所述信息通讯网络是大型装备各子系统与集中控制平台信息传送的网络结构和通讯模式,控制层高速工控机与大型装备各个子系统的控制层高速工控机是基于TCP/IP协议的网络通讯,所述信息通讯网络的控制方法如下:

[0029] (1) 控制层高速工控机与各个子系统的高速工控机是通过信息通讯网络进行通讯;

[0030] (2) 控制层高速工控机作为客户端,大型装备各子系统都作为服务器端,控制层高速工控机每隔500ms轮巡一次所有大型装备子系统,然后根据巡检结果给出控制量。

[0031] 在上述技术方案中,所述工作面运输系统包括刮板输送机、转载机、破碎机和胶带输送机;所述控制层高速工控机是高速嵌入式计算机UNO-3072A;高速数据采集卡是PCI-1716;前端开发平台是PowerBuilder;数据库是SQLServer;通讯协议是Modbus TCP/IP;通讯网络是工业以太网Ethernet。

[0032] 本发明上述所提供的一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法的技术方案,实现了煤矿生产的自动化,填补了国内无人值守采煤生产的空白,打破了国外对该项技术的垄断。与现有技术相比,本煤矿井下综采工作面大型装备集中控制方法的优点与积极效果集中体现如下几点。

[0033] 1) 具有高度自动化的满足无人或少人值守工作面要求的控制功能。

[0034] 本发明实现了对多装备统一协调的智能化集控模式,解决了综采工作面各个装备之间没有信息沟通渠道,无法真正实现自动连锁控制的问题,建立了综采工作面大型装备的集中控制平台,探索了综采工作面多个装备系统的集中协同智能化控制规律,提出了适用于综采工作面采煤装备之间的智能控制方法和控制策略,具备了实现无人或少人值守的综采工作面采煤模式。

[0035] 2) 能可靠完成基于采煤机位置的各种系统协调统一的自适应控制功能。

[0036] 综采工作面采煤装备的核心是采煤机,采煤机的运行意味着采煤工作的开始,它行走到的支架位置和行走方向决定了采煤工作所进行到的采煤工艺段,本方法在准确检测到采煤机位置后,自动按采煤工艺集中控制相应装备的动作和运行,无需人工干预,实现了无人或少人值守的综采工作面采煤模式,极大降低了安全事故的发生,提高了劳动生产效率。

[0037] 3) 在集中平台控制下实现采煤机滚筒的自动调高功能。

[0038] 目前采煤机滚筒自动调高系统有很多种,是基于本身的监测信息进行的控制,本发明提出的在集中平台控制下实现采煤机滚筒的自动调高,是在综合了各装备运行状态下实施的采煤机滚筒调高,更符合实际采煤工艺的要求。

[0039] 4) 在集中平台控制下实现液压支架的自动追机拉架功能。

[0040] 煤矿井下综采工作面液压支架集中控制平台所能实现的自动追机拉架仅仅依靠液压支架控制器接收到的采煤机上的红外传感器发送的信号来判断采煤机的位置,没有矫正环节。本发明提出的在集中平台控制下实现液压支架的自动追机拉架,是集控平台综合了来自液压支架系统和计算采煤机所走溜子链结数所得到的两个采煤机位置信息,保证了液压支架自动追机拉架的正确性,也就保证了支护的安全性和可靠性。

[0041] 5) 在集中平台控制下实现刮板输送机链条自动张紧力的控制功能。

[0042] 在采煤过程中,刮板输送机的链张紧须到一定程度,避免链条过松造成的故障,而刮板输送机停机后,又必须使其松弛到一定程度,减小链条的疲劳和形变。本发明根据油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤机的位置对刮板输送机链条进行自动张紧力的控制,只有在集中控制平台下才能突破装备之间的横向信息孤岛,有效综合多装备的物理信息,实现了刮板输送机链条的自动张紧控制。

[0043] 6) 能进行采煤过程中各个装备各种故障的实时监测和实时在线处理,保证了采煤生产的连续性。

[0044] 在采煤过程中,集控平台能根据得到的信息综合分析判断各个装备的工作状态,发现异常及时启动处理流程,保证了采煤生产的安全、有序和连续运行,为无人值守的采煤作业提供安全保障。

[0045] 7) 能根据采煤机工作状况自动调整各装备的运行速度,实现节能降耗。

[0046] 本发明集控平台能根据得到的信息判断出目前所处的采煤工艺段,进而自动调整各装备的启停与运行速度,如在采煤机停止运行时自动降低刮板输送机、转载机和破碎机的运行速度,而且依据采煤机位置只点亮相应的视频摄像头并传送,避免了整个工作面视频摄像头信息的传送,实现了节能,也提高了通讯速度。

## 附图说明

- [0047] 图1是本发明综采工作面集中控制平台结构图。
- [0048] 图2是本发明电液控制系统自动追机拉架控制结构图。
- [0049] 图3是本发明电液控制系统自动追机拉架控制流程图。
- [0050] 图4是本发明用于煤岩界面识别的RBF神经网络结构图。
- [0051] 图5是本发明刮板输送机机尾运行电流I和液压缸压力P的关系示意图。

## 具体实施方式

[0052] 下面结合附图用具体实施方式进一步详细描述本发明自称的一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,本领域的技术人员在阅读了本具体实施方式后,利用现有的装备,结合本领域的现有技术能够实现本发明所述的煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的控制方法,同时也能够实现本发明所述的积极效果。

[0053] 实施一种煤矿综采工作面大型装备集中控制平台的实现方法,该方法是基于这些煤矿井下综采工作面的大型装备实现的,包括高速嵌入式计算机 UNO-3072A、高速数据采集卡PCI-1716、PowerBuilder前端开发平台、SQLServer 数据库、Modbus TCP/IP通讯协议和工业以太网Ethernet。

[0054] 综采工作面大型装备集中控制平台控制7个系统——采煤机系统、液压支架系统、工作面运输系统、泵站系统、供电系统和视频监控系统,其结构如图1 所示。

[0055] 服务器使用高速嵌入式计算机UNO-3072A,用于人机交互,实现综采工作面各设备工况运行的状态显示和实时控制,实现各设备无人值守的协同工作,由PowerBuilder前端开发平台开发;综采工作面各子系统的控制器,由高速嵌入式计算机UNO-3072A和高速数据采集卡PCI-1716完成,是综采工作面集中控制系统的监测和控制对象,在整个综采工作面集中控制系统中,监测是基础,控制协同工作是核心,通讯是关键。

[0056] 监测功能是综采工作面集中控制系统的工作基础,综采工作面集中控制系统需要从现场各子系统中获取各设备的工作运行状态,根据监测信息来完成设备之间的协同控制和保护功能,各子系统中都有独立的智能处理系统,包括信号采集和智能控制环节,各子系统在非集控状态下也可自行进行控制,每个子系统硬件由高速嵌入式计算机UNO-3072A和高速数据采集卡PCI-1716A组成,PCI-1716A可采集16路模拟量和16路数字量信号,可输出2路模拟和16路数字控制信号。

[0057] 1、监测部分

[0058] 1) 采煤机作为综采工作面的核心装备,其运行状态的情况直接反应了采煤效率,为此,需要对采煤机的工作状态进行全面的监测,采煤机的监测信息主要包括截割头振动、5个电机的电流、温度、减速箱的温度,泵箱的温度、油温、油位、油压,变频器输入/输出电流、电压、频率、功率,采煤机的运行速度、运行方向,各部分冷却水的流量、压力,左右外喷雾的流量等,当监测量超过设定值后,系统会自动进行报警,并显示故障信息,其中截割头振动、油压和滚筒电机电流是进行采煤机控制的信号依据,在控制过程中实施的滚筒记忆轨迹的跟踪控制,因此必须正确监测其滚筒高度及采煤机倾角,以便实时调整记忆轨迹,在本发明中,通过旋转编码器获得滚筒角度,从而得到滚筒高度,并利用油缸行程位置传感器



也可以获得滚筒高度,两者互相验证,同时利用电子倾角仪获得采煤机倾角。

[0059] 2) 液压支架作为综采工作面的关键装备,在工作面支护和推进起着至关重要的作用,液压支架的检测量少,但是其特点是工作面支架数量多,单台液压支架的监测信息主要有前立柱压力、后立柱压力、推移行程和采煤机位置,其中采煤机位置是控制液压支架动作的依据。

[0060] 3) 工作面运输系统是将煤从工作面运到顺槽皮带运输机上,刮板输送机关键部件是电机和减速机,针对这2个关键部件进行监测,监测量为电机的电流和绕组温度,减速箱的油温、油位、轴温等,冷却水的压力和流量,油缸压力,其中油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤机的位置是刮板输送机链条自动张紧力控制的依据。

[0061] 4) 皮带运输机是井下运输系统的重要组成部分,位于顺槽中,输送距离长,在综采工作面集中控制系统中可控制的皮带运输机仅为距离综采工作面最近的皮带运输机,皮带运输机主要有电机和皮带两部分组成,电机部分只监测电机电流和温度,而皮带部分主要监测皮带的堆煤、烟雾、纵撕、断带、打滑和张紧等重要故障,其中张紧是控制皮带运输机张紧力的依据。

[0062] 5) 乳化液泵站作为液压系统的动力来源,是综采工作面推进的有力保证,泵站的压力和乳化液的质量直接决定了综采工作面液压系统的工作稳定性,需要对乳化液泵的供水量、供油量、油温、油位、进口压力、出口压力、液位和浓度进行监测,其中供水量、供油量、液位、浓度、进口压力和出口压力是自动控制乳化液配比和自动启动反冲洗过滤器的依据。

[0063] 6) 移动变电站用于综采工作综采设备的供电,是井下综采必不可少的环节,移动变电站重点监测位置是一次侧和二次侧,一次侧的监测量有A/B/C相电流、高压电压、漏电流和电源频率,二次侧的监测量有低压电压、电流和绝缘电阻,同时要监测一次侧和二次侧的漏电、过流、短路、超温和断相等故障。

## [0064] 2、控制部分

[0065] 1) 综采工作面开始采煤是以逆煤流顺序起动的,工控机首先通过采集卡采集所有装备的状态信息,然后进行判断,如满足工作条件,则依次按照皮带、破碎机、转载机、刮板输送机和采煤机的逆煤流顺序启动这些设备。

[0066] 2) 采煤机启动前应位于工作面的一端,将此时的采煤机位置设为零,即初始位置,采煤机在运行过程中不断记忆其行走的刮板输送机的链节数,由此判断采煤机的位置,即在哪个支架处,这是一个判断采煤机位置的依据,同时还要结合液压支架系统由红外线传感器检测到的采煤机位置距离,如果两者一致则由此自动控制相应液压支架的动作,实现自动追机拉架,如果两者不一致则报警,并停止采煤机的运行,为减少计算采煤机行走刮板输送机链节数引起的位置误差,每完成一个往返采煤过程,采煤机回到工作面的初始一端时,要将采煤机位置设为零。

[0067] 3) 集控平台根据采煤机位置及运行方向自动判断采煤工艺段,发出集中控制命令,使相应液压支架自动跟踪采煤机实施相应的动作,根据煤矿的生产工艺要求,综采工作面分14个工艺段,涵盖中间段、弯曲段和两端割三角煤的全部过程,根据工作面长度的不同,支架的数量也不同,则处于中间段、弯曲段和两端割三角煤位置的支架数也不同,为使本专利方法能适应不同工作面的要求,本发明集控平台能接收液压支架系统维护好的控制参数(包括工作面支架数量、动作极限时间、立柱最大压力、移架最长行程、采煤机长度等),

自动计算出处于两端弯曲段的开始、结束支架号,能自动适应不同长度的综采工作面液压支架的自动控制;本发明以122个液压支架的工作面为例进行说明,集控平台跟踪采煤机进行动作的支架为采煤机在位的支架、采煤机前14个支架以及采煤机后15个支架共30个液压支架的动作,实现自动追机拉架,其控制过程见具体实施例1。

[0068] 4) 本发明采煤机滚筒高度的自动调整控制方案是基于记忆截割的轨迹目标预见控制方法,这种方法是依据带有径向基(RBF)神经网络的煤岩界面识别技术实现的,RBF神经网络具有强大的并行处理和非线性映射能力,能很好地适用于煤岩界面的辨识,因此在本专利中采用带有RBF神经网络煤岩界面识别的基于记忆切割的采煤机自动调高预见控制方法,同时在采煤机滚筒高度的自动调整过程中,需要知道当前采煤机滚筒的高度以及目前截割煤岩的性质,因此本专利利用D-S证据理论将多物理信息进行有效融合,其控制过程见具体实施例1。

[0069] 5) 在采煤过程中,控制层高速工控机根据油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤机的位置对刮板输送机链条进行自动张紧力的控制,刮板输送机链条自动张紧装置由多变量自动控制,结合油缸压力、刮板输送机运行状态(运行电流)和采煤位置等参量综合判断后进行控制,其控制过程见具体实施例1。

[0070] 6) 在采煤过程中,控制层高速工控机自动根据采煤机位置控制视频监控系统中摄像头的亮灭,既能将有效视频监控信息采集回来,又能节约电能、减小海量视频监控信息量的传送。

[0071] 7) 在采煤过程中,控制层高速工控机能够实现整个工作面装备的协同控制,解决了工作面各装备间没有横向通讯使各装备运行状态成为信息孤岛,无法实现无人值守的智能化协同工作的瓶颈问题。

[0072] (1) 控制层高速工控机在启动采煤工作时,首先采集各装备的工作状态信息,判断它们是否能开始正常工作,判断方法为向每一设备发出问询信号,各个装备接到问询信号后将约定好的表示自身状态的信息回应给控制层高速工控机,集控平台即控制层高速工控机经过判断后,认为条件满足则给出启动信号,启动过程见上述描述。

[0073] (2) 在采煤过程中,如检测到刮板输送机有堆煤发生,堆煤往往发生在刮板输送机的机头部位,此时控制层高速工控机立刻控制电液控制系统中的端头液压支架启动安装在其一级护帮上的铁爪动作,将堆煤快速送入转载环节,保证采煤生产的连续性。

[0074] (3) 在采煤过程中,集控平台将集控命令发给电液自动控制系统的端头控制器,由端头控制器控制支架控制器执行具体的动作,但如果检测到液压支架电液控制系统通讯中断,则会立即启动电液控制系统的另一个端头控制器,由两个端头控制器分别负责中断故障发生后中断点两侧控制器正常受控进行动作,保证采煤生产的连续性。

[0075] (4) 在采煤过程中,集控平台根据采煤机工作状况自动调整工作面运输系统装备的运行速度,实现最大限度的电能节约。

[0076] (5) 在采煤过程中,集控平台当判断出乳化液泵的进口压力和出口压力之差大于1.1Mpa时自动启动反冲洗过滤器,保证乳化液泵的正常工作的,进而保证采煤生产的连续性。

[0077] 3、网络构架

[0078] 1) 控制层高速嵌入式计算机UNO-3072A与各子系统的高速嵌入式计算机 UNO-3072A实现基于TCP/IP协议的网络通讯。

[0079] 2) 控制层高速工控机利用PowerBuilder外部事物OLE引用Winsock来实现基于TCP/IP协议的网络通讯,控制层高速工控机作为乙方即客户端,须在 PowerBuilder前端开发软件窗口的Open事件中加入如下语句:

[0080] ole\_1.object.protocol=0//winsock通讯协议设为TCP协议;

[0081] ole\_1.object.remotehost="219.226.96.151"//对方的ip地址;

[0082] ole\_1.object.remoteport=502//要联系的对方的winsock通讯端口号;

[0083] ole\_1.object.connect()//发出连接请求;

[0084] 控制层高速工控机每个500ms轮巡一次所有系统,然后根据巡检结果给出控制量。

[0085] 3) 在TCP/IP通讯中,每一系统都作为甲方即服务器端,都有ocx\_error事件脚本,监视与集控平台通讯的故障,一旦有断开的故障,立即重连,保证数据通讯的稳定可靠:

[0086] ole\_1.object.close();

[0087] ole\_1.object.protocol=0//winsock通讯协议设为TCP协议;

[0088] ole\_1.object.localport=502//本机的winsock通讯端口号;

[0089] ole\_1.object.listen();

[0090] sle\_1.text="TCP/IP通讯错误,已重新连接!";

[0091] 具体实施例1

[0092] 本发明利用高速嵌入式计算机UN0-3072A、高速数据采集卡PCI-1716、PowerBuilder前端开发平台、SQLServer数据库、Modbus TCP/IP通讯协议和工业以太网(Ethernet),实现煤矿井下综采工作面大型装备集中控制。其具体的实现方法如下。

[0093] 1、集中控制平台的硬件连接图如图1所示。集控平台和每一个系统都包括高速嵌入式计算机UN0-3072A、高速数据采集卡PCI-1716,高速嵌入式计算机应用PowerBuilder前端开发平台和SQLServer数据库开发集控软件,各个系统与集控平台之间通过Modbus TCP/IP通讯协议和工业以太网Ethernet进行信息传送。

[0094] 2、集控平台根据采煤机位置及运行方向自动判断采煤工艺段,发出集中控制命令,使相应液压支架自动跟踪采煤机实施相应的动作,电液控制系统自动追机拉架控制结构如图2所示,根据煤矿的生产工艺要求,本系统跟踪采煤机进行动作的支架为采煤机在位的支架、采煤机前14个支架以及采煤机后15个支架共30个液压支架的动作,实现自动追机拉架;其控制流程如图3所示,具体控制过程如下(以122个支架为例进行说明)。

[0095] 1) 第1工艺段—正常割煤(左行)117架→06架:

[0096] (1) 当采煤机位置由117号支架向左运行到12号支架的过程中,执行正常段的跟机拉架作业,动作规程以采煤机位置在54架处说明,规程如下:

[0097] 如采煤机运行到第54架处,提前6架需要进行收一级互帮动作,即第48架执行收一级护帮动作;在采煤机的前、后滚筒处需要喷雾降尘,所以第50架和第58架执行喷雾动作;在采煤机中心位置后边8架的支架需要执行小循环动作,即第62架需要进行降柱、提底、拉架、升柱、伸互帮五个动作;在采煤机中心位置后边12架的支架需要进行推溜动作,即第66架执行推溜动作。

[0098] (2) 当采煤机位置由11号支架向左运行到6号支架的过程中,需要推出弯曲段,动作规程以采煤机位置在8架处说明,规程如下:

[0099] 由于弯曲段长度为10个支架,所以弯曲段需要由10个支架分次推出;当采煤机运

行到第8架时,提前6架需要进行收一级互帮动作,即第2架执行收一级护帮动作;在采煤机的前、后滚筒处需要喷雾降尘,所以第4架和第12架执行喷雾动作;在采煤机中心位置后边8架的支架需要执行小循环动作,即第16架需要进行降柱、提底、拉架、升柱、伸互帮五个动作;在采煤机中心位置后边12架的支架需要进行推溜动作,即第20架执行弯曲段推溜动作,仅推溜7/10,而在此之前,23号、22号、21号已分别推溜10/10、9/10、8/10。

[0100] 2) 第2工艺段—左侧扫底刀1(右行)6架→10架:

[0101] 采煤机割煤至机头并割透煤壁后,采煤机向机尾运行进行扫底煤作业,此过程中前后滚筒处的支架喷雾。

[0102] 3) 第3工艺段—左侧扫底刀1(左行)10架→6架:

[0103] 采煤机向机头运行进行扫底煤作业,此过程中前后滚筒处的支架喷雾。

[0104] 4) 第4工艺段—左侧斜切进刀(右行)6架→30架:

[0105] (1) 当采煤机位置由6号支架向右运行到13号支架的过程中,支架仅执行采煤机前后滚筒上方喷雾动作和提前6架的收一级护帮动作。

[0106] (2) 当采煤机位置由13号支架向右运行到21号支架的过程中,支架执行移架动作,动作规程以采煤机位置在16架处说明,规程如下:

[0107] 如采煤机运行到第16架处,提前6架需要进行收一级互帮动作,即第22架执行收一级护帮动作;在采煤机的前、后滚筒处需要喷雾降尘,所以第20架和第12架执行喷雾动作;在采煤机中心位置后边8架的支架需要执行小循环动作,即第8架需要进行降柱、提底、拉架、升柱、伸互帮五个动作。

[0108] (3) 当采煤机位置由22号支架向右运行到30号支架的过程中,支架执行成组推溜动作,规程如下:

[0109] 当采煤机运行到第23架处,1-5架执行成组推溜动作,当采煤机运行到第24架处,6-10架执行成组推溜动作,当采煤机运行到第26架处,11-15架执行成组推溜动作,当采煤机运行到第28架处,16-20架执行成组推溜动作,当采煤机运行到第30架处,21-23架执行成组推溜动作,并且在由24号运行到27号的过程中,1-4号分别执行小循环动作1次。

[0110] 5) 第5工艺段—左侧割三角煤(左行)30架→6架:

[0111] 采煤机返向调换滚筒,开始割三角煤,直到机投并割透煤壁,前后滚筒处的支架喷雾。

[0112] 6) 第6工艺段—左侧扫底刀2(右行)6架→10架:

[0113] 采煤机割煤至机头并割透煤壁后,采煤机向机尾运行进行扫底煤作业,此过程中前后滚筒处的支架喷雾。

[0114] 7) 第7工艺段—左侧扫底刀2(左行)10架→6架:

[0115] 采煤机向机头运行进行扫底煤作业,此过程中前后滚筒处的支架喷雾。

[0116] 8) 第8-14工艺段与1-8工艺段类似。

[0117] 3、采煤机滚筒高度的自动控制方案是基于记忆截割的轨迹目标预见控制方法,这种方法是依据带有径向基神经网络的煤岩界面识别技术实现的。其步骤为:

[0118] 1) 应用最优预见控制原理得出采煤机滚筒控制量

[0119] 采用液压油缸调高的采煤机调高机构的动力学模型及数学模型如图4所示,采煤机调高机构的调高摇臂可视为刚体绕定点转动,调高油缸可等效为有阻尼液压弹簧-----

质量振动系统,可表示如下:

$$[0120] \quad J\ddot{\theta} + k_h \cdot x \cdot l \sin \Phi_2 + c_h \dot{x} \cdot l \sin \Phi_2 = \sum M_o \quad (1)$$

[0121] 式中:J——滚筒及摇臂绕o点的转动惯量,kg·m<sup>2</sup>;

[0122]  $\ddot{\theta}$ ——摇臂绕o点转动的角加速度,rad/s<sup>2</sup>;

[0123] k<sub>h</sub>——油缸的液压弹簧刚度,N/m;

[0124] c<sub>h</sub>——油缸的液压粘性阻尼系数,Pa·S;

[0125] x——油缸的位移,m;

[0126]  $\dot{x}$ ——油缸的移动速度,m/s;

[0127] l——小摇臂的长度,m;

[0128]  $\Phi_2$ ——小摇臂与油缸活塞杆之间的夹角,rad;

[0129]  $\sum M_o$ ——对O点所有外力矩之和,N·m;

[0130] 对O点的外力矩有:

[0131] 阻力矩  $R_a \sin \omega_a t \cdot L \cos \Phi_1$ ;  $R_b \sin \omega_b t \cdot L \sin \Phi_1$ ;

[0132] 液压油作用于活塞的动力矩(由伺服阀电磁电流决定)

[0133]  $k_f \cdot i_f \cdot l \sin \Phi_2$ ;

[0134] 滚筒偏心质量产生的离心力矩  $m e \omega_2 \sin \omega t \cdot L \cos \Phi_1$ ;  $m e \omega_2 \cos \omega t \cdot L \sin \Phi_1$ ;

[0135] 把这些力矩代入式(12)中:

$$[0136] \quad J\ddot{\theta} + k_h \cdot x \cdot l \sin \Phi_2 + c_h \dot{x} \cdot l \sin \Phi_2 ;$$

$$= R_a \sin \omega_a t \cdot L \cos \Phi_1 + R_b \sin \omega_b t \cdot L \sin \Phi_1 + k_f \cdot i_f \cdot l \sin \Phi_2 ;$$

$$+ m e \omega_2 \sin \omega t \cdot L \cos \Phi_1 + m e \omega_2 \cos \omega t \cdot L \sin \Phi_1 ; \quad (2)$$

[0137] 式中:L——大摇臂的长度,m;

[0138]  $\Phi_1$ ——大摇臂相对水平面的夹角,rad;

[0139] k<sub>f</sub>——电磁系数,N/A;

[0140] i<sub>f</sub>——电磁电流,A;

[0141] m——滚筒由于加工、安装及截齿排列等因素而产生的偏心质量,kg;

[0142] e——滚筒由于加工、安装及截齿排列等因素而产生的偏心距,m;

[0143]  $\omega$ ——滚筒的角速度,rad/s。

[0144] 液压油缸的位移  $x = l \sin \theta$ ,当摇臂绕o点的摆角 $\theta$ 较小时,可近似地认为  $x = l \cdot$

$\theta$ ,则油缸的移动速度  $\dot{x} = l \cdot \dot{\theta}$ ,滚筒及摇臂对o点的转动惯量

$$[0145] \quad J = m_1 L^2 + \frac{M_2 L^2}{3} = \frac{(3m_1 + m_2)L^2}{3}$$

[0146] 代入式(2)中,得:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{3}[(3m_1 + m_2)L^2]\ddot{\theta} + k_n l^2 \theta \sin \Phi_2 + c_n l^2 \dot{\theta} \sin \Phi_2 = \\
 [0147] \quad & R_a \sin \omega_a t \cdot L \cos \Phi_1 + R_b \sin \omega_b t \cdot L \sin \Phi_1 + k_f \cdot i_f \cdot l \sin \Phi_2 \\
 & + m e \omega_2 \sin \omega t \cdot L \cos \Phi_1 + m e \omega_2 \cos \omega t \cdot L \sin \Phi_1 \quad (3)
 \end{aligned}$$

[0148] 式中： $m_1$ ——滚筒的集中质量，kg；

[0149]  $m_2$ ——摇臂的集中质量，kg；

[0150] 由文献分析， $\omega_a = \omega_b = \omega$ ，经整理最后得：

$$[0151] \quad \ddot{\theta} + A_1 c_n \dot{\theta} + A_1 k_n \theta = A_2 \sin(\omega t + \psi) + A_3 \cdot i_f \quad (4)$$

[0152] 其中：

$$[0153] \quad A_1 = \frac{3 \cdot l_2 \sin \Phi_2}{(3m_1 + m_2)L^2};$$

$$[0154] \quad A_2 = \frac{3}{(3m_1 + m_2)L} [(R_a \cos \Phi_1 + R_b \sin \Phi_1 + m e \omega^2 \cos \Phi_1)^2 + m e \omega^2 \sin \Phi_1]^{\frac{1}{2}};$$

$$[0155] \quad \psi = \arctg \frac{R_a \cos \Phi_1 + R_b \sin \Phi_1 + m e \omega^2 \cos \Phi_1}{m e \omega^2 \sin \Phi_1};$$

$$[0156] \quad A_3 = K_f \cdot l \sin \Phi_2.$$

[0157] 令  $A_2 \sin(\omega t + \psi) = d(t)$ ，称为扰动，

$$[0158] \quad \text{所以 } \ddot{\theta} + A_1 c_n \dot{\theta} + A_1 k_n \theta = A_3 \cdot i_f + d(t) \quad (5)$$

$$[0159] \quad \text{令 } \begin{cases} x_1 = \theta \\ x_2 = \dot{\theta} \end{cases}$$

[0160] 由此得出系统的状态方程为：

$$[0161] \quad \dot{X}(t) = AX(t) + Bi_f(t) + Ed(t)$$

$$[0162] \quad (6)$$

$$[0163] \quad y(t) = CX(t)$$

$$[0164] \quad \text{其中：} A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -A_1 k_n & -A_1 c_n \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ A_3 \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$[0165] \quad C = [1 \ 0]$$

[0166] 用零阶保持器，采样周期为T

[0167] 将(6)式离散化后得：

$$[0168] \quad X(k+1) = AX(k) + Bi_f(k) + Ed(k)$$

$$[0169] \quad (7)$$

$$[0170] \quad Y(k) = CX(k)$$

[0171] 其中：

$$[0172] \quad A = e^{AcT} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_c^n T^n}{n}$$

$$[0173] \quad B = \int_0^T e A_c^T d\tau H_c = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_c^n T^{n+1}}{(n+1)!} B_c \quad (8)$$

$$[0174] \quad E = \int_0^T e A_c^T d\tau D_c = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_c^n T^{n+1}}{(n+1)!} D_c$$

$$[0175] \quad C = [1 \ 0]$$

[0176] 假设系统可控、可观测,并设 $r \geq m$ 。设目标值为 $R(k)$  ( $m \times 1$ ),定义误差信号  $e(k) = R(k) - y(k)$ ,则由式(7)可求得

$$[0177] \quad \begin{bmatrix} e(k+1) \\ \Delta x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_m & -CA \\ 0 & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e(k) \\ \Delta x(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -CB \\ B \end{bmatrix} \Delta u(k) + \begin{bmatrix} I_m \\ 0 \end{bmatrix} R(k+1) + \begin{bmatrix} -CE \\ B \end{bmatrix} \Delta d(k) \quad (9)$$

[0178] 或写成

$$[0179] \quad X_0(k+1) = \Phi X_0(k) + G \Delta u(k) + G_R \Delta R(k+1) + G_d \Delta d(k) \quad (10)$$

[0180] 则称式(10)描述的系统为广义误差系统,假定从当前时刻(设 $k=1$ )开始到未来 $M_R$ 步的目标值已知,这意味着为使输出 $y(k)$ 跟踪当前目标值 $R(k)$ ,必须使控制输出 $u(k)$ 在 $M_R$ 步之前就开始变化,即 $M_R$ 步预见控制。对于式(3)广义误差系统,定义式(11)的二次型性能指标:

$$[0181] \quad J = \sum_{k=-M_R+1}^{\infty} [e^T(k) Q_e e(k) + \Delta u^T(k) H \Delta u(k)] = \sum_{k=-M_R+1}^{\infty} [X_0^T(k) Q X_0(k) + \Delta u^T(k) H \Delta u(k)] \quad (11)$$

[0182] 式中 $Q$ 为半正定矩阵, $Q_e$ 、 $H$ 为正定矩阵;

[0183] 由最优控制理论,知使式(11)为最优的输入有下面的形式:

$$[0184] \quad \Delta u(k) = F_0 X_0(k) + \sum_{j=0}^{M_R} F_R(j) \Delta R(k+j) + \sum_{j=0}^{M_R} F_d(j) \Delta d(k+j) \quad (12)$$

[0185] 其中, $F_0 X_0$ 为全状态反馈最优解,而且

$$[0186] \quad F_0 = -[H + G^T P G]^{-1} G^T P \Phi \quad (13)$$

[0187]  $P$ 为Riccati方程

$$[0188] \quad P = Q + \Phi^T P \Phi - \Phi^T P G [H + G^T P G]^{-1} G^T P \Phi \quad (14)$$

[0189] 的解,式(12)右边的第二、三项分别为利用了从现在时刻 $k$ 开始到未来 $M_R$ 步的目标值信息及干扰信息的预见前馈补偿。

[0190] 如果仅考虑目标值预见,则可设 $\Delta d(k+j) = 0$ 而求出 $F_R(j)$ ,如果仅考虑干扰预见可同样设 $\Delta R(k+j) = 0$ 而求出 $F_d(j)$ 。

[0191] 根据需要我们现在只研究目标值预见,因为我们控制的是记忆跟踪切割, $\Delta d(k+j) = 0$ ,将(12)式代入(11)式,并设当前时刻( $k=1$ )目标值才有变化,即 $\Delta R(1) = R_0$ ,如果设

$$[0192] \quad F_{RR} = \begin{bmatrix} F_R(0) \\ F_R(1) \\ \dots \\ F_R(M_R) \end{bmatrix}, \quad \Delta_{RR} = \begin{bmatrix} 0 \\ G_R^{-T} P G_R \\ \dots \\ G_R^{-T} \xi^T M_R^{-1} P G_R \end{bmatrix}, \quad \Gamma = \text{diag}\{H + G^T P G\}$$

[0193] 因为使性能指标 $J$ 取最小的 $F_{RR}$ 必满足

$$[0194] \quad \frac{\partial J}{\partial F_{RR} R_0} = [2\Gamma_{RR} F_{RR} + 2\Delta_{RR}] R_0 = 0$$

[0195] 所以可求得  $F_{RR} = -\Gamma_{RR}^{-1} \Delta_{RR}$ 。预见前馈系数  $F_R(j)$  用下式求得：

$$[0196] \quad F_R(0) = 0$$

$$[0197] \quad F_R(j) = -[H + G^T P G]^{-1} G^T (\zeta^T)^{j-1} P G_R$$

$$[0198] \quad j = 1, \dots, M_R$$

[0199] 设采煤机滚筒的高度记忆轨迹即目标轨迹为  $H(t)$ ，由前面结构数学模型分析可推得小摇臂摆角的目标值为  $R(t)$ ，则输出的误差为  $e(k) = R(k) - y(k) = R(k) - CX(k)$ ，控制规则：

$$[0200] \quad \Delta u(k) = \Delta i_f(k) = F_0 e(k) + \sum_{j=0}^{M_R} F_R(j) \Delta R(k+j) + \sum_{j=0}^{M_R} F_d(j) \Delta d(k+j) \quad (15)$$

[0201] 根据发明人现在的研究，仅考虑目标值预见， $\Delta d(k+j) = 0$ ，将由预见控制得出的前馈系数  $F_R(j)$  ( $J=1, \dots, M_R$ ) 代入 (15) 式可得出  $F_0$ 、 $F_R(j)$ ，即  $\Delta i_f(k)$ ，也即求得了控制电流的大小，针对输出为数字量开关信号，则  $\Delta i_f(k)$  可转换为通液的持续时间， $M_R$  为预见的步数。

[0202] 2) 应用RBF神经网络进行煤岩界面识别

[0203] RBF神经网络结构为三层，输入层、输出层和隐含层；

[0204] 隐含层用高斯函数：

$$[0205] \quad \Phi(x, x_i) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_i^2} \|x - x_i\|^2\right) = \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_i^2} \sum_{k=1}^p (x_k - x_{ik})^2\right] \quad (16)$$

[0206] 作为RBF神经网络的基函数，从而

$$[0207] \quad f(x) = \sum_{i=1}^N \omega_i \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_i^2} \|x - x_i\|^2\right) \quad (17)$$

[0208] 这样，对RBF神经网络的参数包括输出单元权值  $\omega_i$ 、隐单元的中心  $x_i$  和函数宽度  $\sigma$ 。

[0209] 本发明输出单元权值的训练采用最小二乘法直接计算，对后两个参数的选择采用K-均值聚类，把样本聚为M类，类中心就作为RBF的中心，进而再确定函数宽度。

[0210] 本发明取采煤机截割头振动信号的20个频段的能量特征值、油压信号的8个频段的能量特征值和滚筒电机电流信号的6个频段的能量特征值作为RBF神经网络的输入，同时对样本进行聚类以求得基函数的中心，从这些信号中可以判断目前切割的煤岩情况，在实验中发明人提取了100%煤、80%煤、20%岩，70%煤、30%岩，50%煤、50%岩，30%煤、70%岩，20%煤、80%岩，0%煤、100%岩7种样本，通过聚类将相应的特征向量进行归类，即将上述煤岩样本的聚类结果7作为隐层单元的个数，同时将相应的特征向量作为相应隐单元的中心  $x_i$ ，将输出分别以0, 1, 2, 3, 4, 5, 6分类预测上述七种状态，象上面一样就得到34个输入、1个输出和7个隐单元的RBF神经网络，作为煤岩界面识别模型，如图4所示，其中  $x_1, x_2, \dots, x_{20}$  是振动信号经小波包分析后提取的信号特征量， $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{26}$  是油压信号经小波包分析后提取的信号特征量， $x_{27}, x_{28}, \dots, x_{34}$  是滚筒电机电流信号经小波包分析后提取的信号特征量， $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_7$  是RBF神经网络的隐层，其基函数是高斯函数，而  $f(x)$  即是煤岩比例的输出结果。



[0211] 3) 记忆轨迹的修正

[0212] 记忆轨迹是在同一采煤区沿煤层走向的煤层条件可以近似认为是相同的前提下产生的,但如果煤层较厚,或情况特殊,在切割过程中煤岩分界的曲线会发生变化,初始的记忆轨迹会产生偏差,因此,本专利在记忆切割的基础上不断地根据各种信息修正跟踪曲线,使控制更加精确。

[0213] 本发明对旋转编码器获得的滚筒角度、油缸行程位置传感器获得的滚筒高度与电子倾角仪获得的采煤机倾角,经D-S证据理论在决策级进行有效融合得出滚筒的实际轨迹,再与采煤机切割的煤岩比例信息进行融合得出下一次的记忆跟踪轨迹。

[0214] 4、在采煤过程中,控制层高速工控机根据油缸压力、刮板输送机电机的电流以及采煤机的位置对刮板输送机链条进行自动张紧力的控制,刮板输送机链条自动张紧装置由多变量即油缸压力、刮板输送机运行状态(运行电流)和采煤位置等参量综合判断后进行自动控制,其包含预张紧和自动张紧两个步骤。

[0215] 1) 预张紧

[0216] 预张紧包括开机紧链和停机松链两部分,用于实现刮板输送机启动前将刮板链张紧到一定程度,避免链条过松造成的故障;以及刮板输送机停机后,使刮板链松弛到一定程度,减小链条的疲劳和形变。

[0217] 2) 自动张紧

[0218] 当刮板输送机发出启动信号和执行预张紧功能后,刮板送机启动,并发出成功启动信号,随后刮板输送机链条自动张紧装置自动监控张紧液压缸的压力,并进行下面的比较:

[0219] 如果液压缸压力小于用“压力计算公式”计算得的下部滞后范围,则开始进行张紧时间测量,并执行液压缸伸出程序。

[0220] 如果液压缸压力大于用“压力计算公式”计算得的上部滞后范围,则开始进行松弛时间测量,执行液压缸缩回程序。

[0221] 3) 压力计算公式

[0222] 根据试运行测量得到的理想状态下刮板输送机机尾运行电流和液压缸压力的关系曲线,如图5所示,将曲线分为多段,得到该段曲线的近似关系式,实际运行过程中,判断刮板输送机机尾运行电流所在的区域,根据之前得到的该区域关系式计算出理想状态下的液压缸压力,该压力值乘以采煤机所处位置的权重,即得出自动张紧控制的标准压力值。

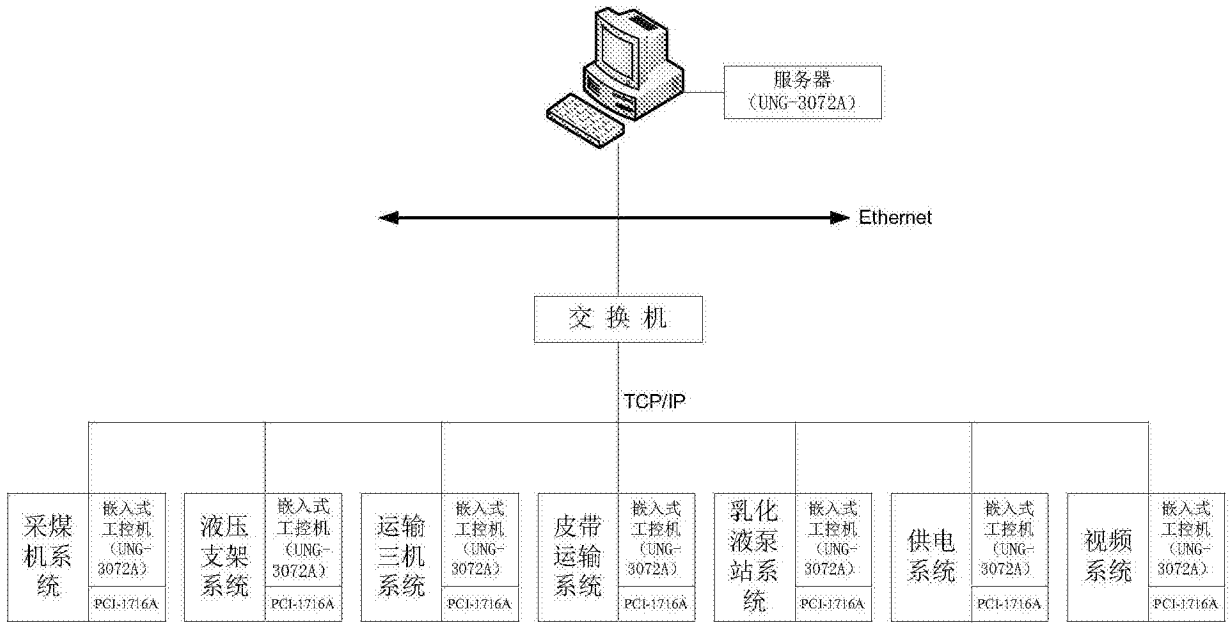


图1

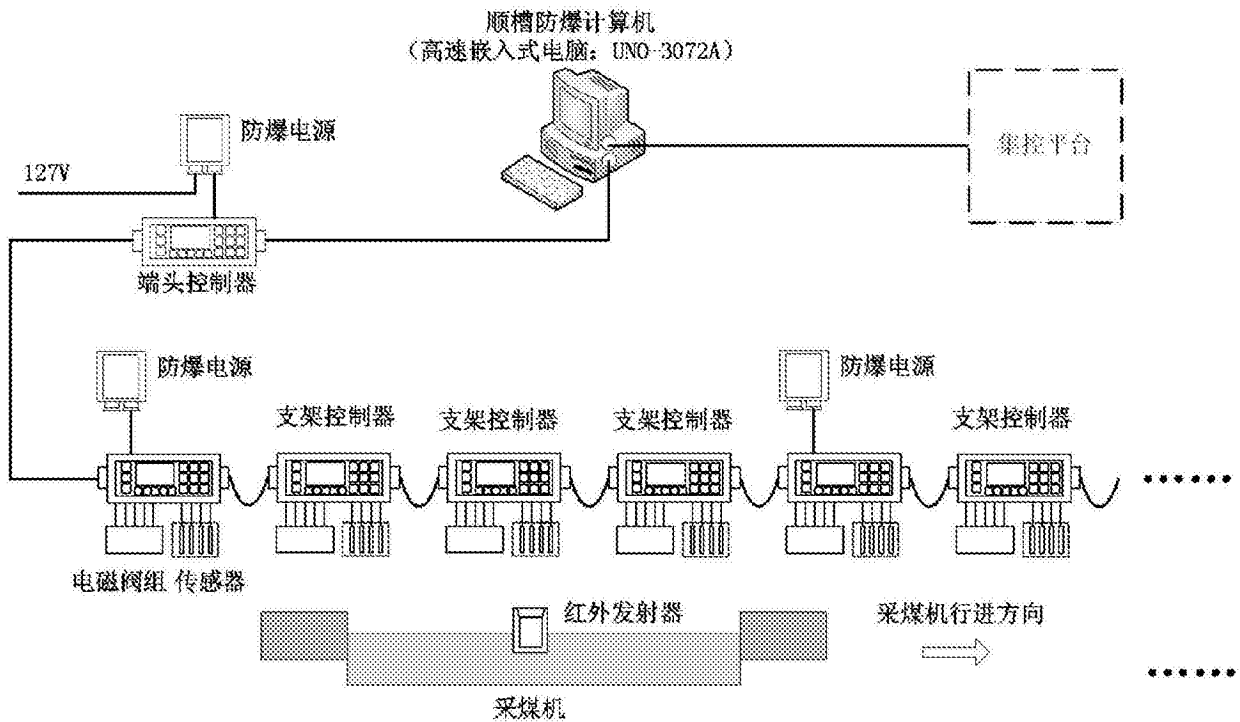


图2

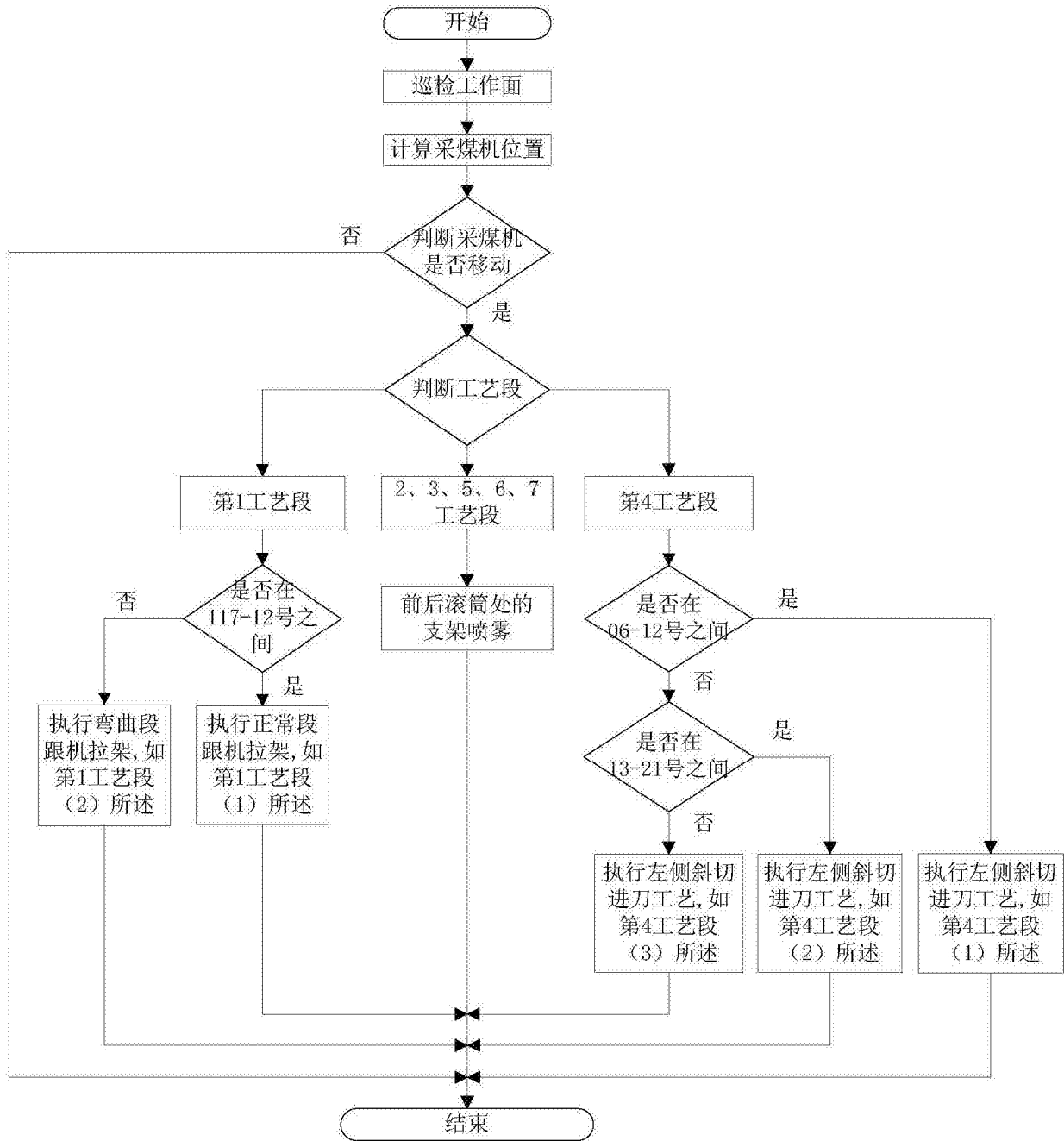


图3

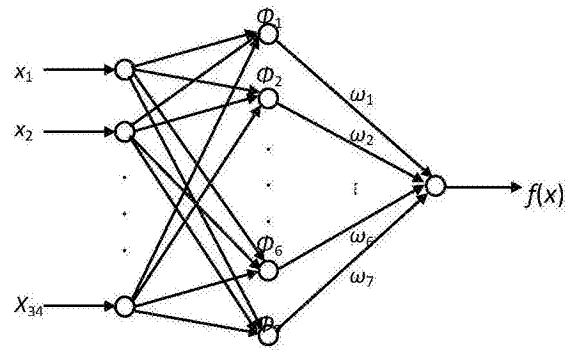


图4

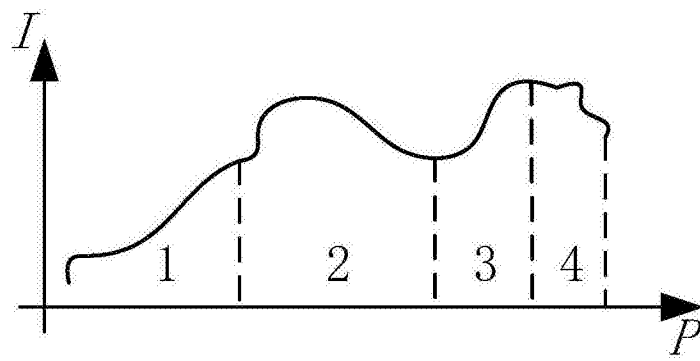


图5