(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109908691 B
(45)授权公告日 2021.07.20

(21)申请号 201910186433.3
(22)申请日 2019.03.13
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109908691 A
(43)申请公布日 2019.06.21
(73)专利权人 西安科技大学
地址 710054 陕西省西安市雁塔路中段58号
(72)发明人 毛正君 何金霖
(74)专利代理机构 西安启诚专利知识产权代理事务所(普通合伙) 61240
代理人 李艳春
(51)Int.Cl.
B01D 50/00(2006.01)
G05B 11/42(2006.01)

(56)对比文件
CN 108554105 A,2018.09.21
CN 208032181 U,2018.11.02
CN 105363311 A,2016.03.02
CN 205199230 U,2016.05.04
CN 107899394 A,2018.04.13
CN 203635060 U,2014.06.11

审查员 赵婵

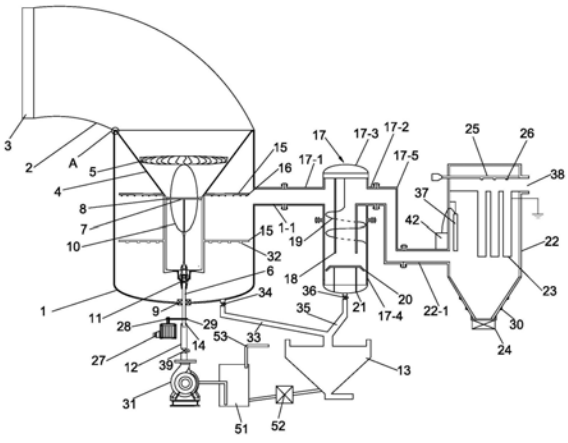
权利要求书5页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

一种矿井除尘系统及其除尘方法

(57)摘要

本发明公开了一种矿井除尘系统及其除尘方法，其除尘系统包括一级除尘装置、二级除尘装置、三级除尘装置、沉降过滤池和储水器；一级除尘装置包括一级除尘外筒、进气筒和旋转式除尘机构，进气筒的入口处设有进气栅；旋转式除尘机构包括一级除尘内筒、涡轮风扇、水雾喷射机构和旋转动力传动机构；二级除尘装置包括二级除尘外筒、二级除尘内筒和导流板；三级除尘装置包括三级除尘筒、电晕极、滤袋式除尘器和整流电源，滤袋式除尘器包括除尘骨架和除尘滤袋，除尘骨架接地，三级除尘筒内部设有反吹管，反吹管上设有多个脉冲反吹阀。本发明设计新颖合理，实现方便，能够高效去除矿井井下粉尘，减少对人类的伤害，实用性强，使用效果好，便于推广使用。



CN 109908691 B

1.一种矿井除尘系统,其特征在于:包括一级除尘装置、二级除尘装置、三级除尘装置、沉降过滤池(13)和储水器(51);

所述一级除尘装置包括一级除尘外筒(1)、连接在一级除尘外筒(1)上部开口处的进气筒(2)和设置在一级除尘外筒(1)内的旋转式除尘机构,所述进气筒(2)的入口处设置有进气栅(3);所述旋转式除尘机构包括一级除尘内筒(4),设置在一级除尘内筒(4)内的涡轮风扇(5)和水雾喷射机构,以及用于为一级除尘内筒(4)、涡轮风扇(5)和所述水雾喷射机构提供旋转动力的旋转动力传动机构;所述一级除尘内筒(4)的下部连接有用于使涡轮风扇(5)和所述水雾喷射机构同步旋转并与一级除尘内筒(4)差速旋转的差速器(11),所述水雾喷射机构与所述旋转动力传动机构和差速器(11)均连接;所述沉降过滤池(13)的出水口连接有净水器(52),所述储水器(51)的进水口与净水器(52)的出水口连接,所述储水器(51)的出水口连接有与所述水雾喷射机构连接的输水管(12),所述输水管(12)上连接有水泵(31)和水压调节阀(39);所述一级除尘外筒(1)底部的排污口通过一级除尘输送管(33)和设置在一级除尘输送管(33)上的一级除尘电磁阀(34)与沉降过滤池(13)的顶部连接;

所述二级除尘装置包括二级除尘外筒(17)、设置在二级除尘外筒(17)内部的二级除尘内筒(18)和螺旋设置在二级除尘内筒(18)外壁上的导流板(19),所述二级除尘外筒(17)的顶部和底部均为封口设置,所述二级除尘内筒(18)的顶部和底部均为敞口设置;所述二级除尘外筒(17)底部的排污口通过二级除尘输送管(35)和设置在二级除尘输送管(35)上的二级除尘电磁阀(36)与沉降过滤池(13)的顶部连接;

所述三级除尘装置包括三级除尘筒(22)以及设置在三级除尘筒(22)内部的电晕极(37)和滤袋式除尘器(23),所述三级除尘筒(22)外部设置有用于为电晕极(37)供电的整流电源(42),所述电晕极(37)与整流电源(42)的输出端连接,所述滤袋式除尘器(23)包括除尘骨架和套装在除尘骨架上的除尘滤袋,所述除尘骨架接地,所述三级除尘筒(22)内部设置有位于滤袋式除尘器(23)上方且从三级除尘筒(22)的侧壁伸出三级除尘筒(22)外部的反吹管(25),所述反吹管(25)上设置有多个正对滤袋式除尘器(23)设置的脉冲反吹阀(26),所述三级除尘筒(22)的上部侧壁上设置有排气口(38),所述三级除尘筒(22)的下部外壁上设置有振打器(30),所述三级除尘筒(22)的底部设置有用于收集灰尘的集灰仓(24);

所述一级除尘外筒(1)的侧壁上设置有与一级除尘外筒(1)内部相连通且用于与二级除尘外筒(17)连接的一级除尘外筒连接管(1-1),所述二级除尘外筒(17)的侧壁上设置有与二级除尘外筒(17)内部相连通且用于与一级除尘外筒(1)连接的第一二级除尘外筒连接管(17-1),所述二级除尘外筒(17)的侧壁上还设置有与二级除尘外筒(17)内部相连通且用于与三级除尘筒(22)连接的第二二级除尘外筒连接管(17-2),所述三级除尘筒(22)的侧壁上设置有与三级除尘筒(22)内部相连通且用于与二级除尘外筒(17)连接的三级除尘筒连接管(22-1);所述第一二级除尘外筒连接管(17-1)与一级除尘外筒连接管(1-1)连接,所述三级除尘筒连接管(22-1)通过二级三级过渡管(17-5)与第二二级除尘外筒连接管(17-2)连接。

2.按照权利要求1所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述一级除尘内筒(4)的顶部和底部均为敞口设置,所述水雾喷射机构包括竖直设置在一级除尘内筒(4)内且向下伸出一级除尘外筒(1)外部的喷水主管(6),以及连接在喷水主管(6)顶部且向不同方向延伸

的多根喷水分管(7);每根所述喷水分管(7)的出水口处均连接有雾化喷嘴(8),所述一级除尘外筒(1)底部连接有用于支撑安装喷水主管(6)的第一密封轴承(9),所述喷水主管(6)的上部固定连接有风扇连接块(10),所述涡轮风扇(5)固定连接在风扇连接块(10)顶部,伸出一级除尘外筒(1)底部的一段喷水主管(6)与旋转动力传动机构连接;位于一级除尘内筒(4)底部位置处的一段喷水主管(6)与差速器(11)连接,所述一级除尘内筒(4)与差速器(11)的从动输出部分连接;所述输水管(12)与所述水雾喷射机构连接的一端内部设置有用于支撑安装喷水主管(6)的第二密封轴承(14),所述喷水主管(6)的下端连接在第二密封轴承(14)上。

3.按照权利要求2所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述一级除尘外筒(1)的顶部内壁上设置有滑轨(40),所述一级除尘内筒(4)的顶部外壁上周围固定连接有多块能够在滑轨(40)中滑动的滑块(41);所述一级除尘内筒(4)上半部分的形状为喇叭形,所述一级除尘内筒(4)下半部分的形状为空心圆柱形,所述风扇连接块(10)设置在一级除尘内筒(4)上半部分和下半部分连接处内部中间位置处,所述风扇连接块(10)的形状为纺锤形,多根所述喷水分管(7)均水平设置在风扇连接块(10)内部竖直方向的中间位置处且穿出到风扇连接块(10)外部。

4.按照权利要求2所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述差速器(11)包括差速器外壳(11-1)以及设置在差速器外壳(11-1)内部的两个太阳轮(11-2)和两个行星轮(11-3),两个所述太阳轮(11-2)与两个所述行星轮(11-3)相互间隔设置且相互啮合,两个所述太阳轮(11-2)一上一下设置且固定连接在喷水主管(6)上,两个行星轮(11-3)一左一右设置且固定连接在水平设置在差速器外壳(11-1)内的行星轮轴(11-4)上,所述行星轮轴(11-4)的两端均与差速器外壳(11-1)固定连接,所述差速器外壳(11-1)为差速器(11)的从动输出部分,所述一级除尘内筒(4)与差速器外壳(11-1)连接,所述差速器外壳(11-1)的内壁上安装有用于支撑安装喷水主管(6)的第三密封轴承(11-5)。

5.按照权利要求4所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述第三密封轴承(11-5)的数量为两个,两个第三密封轴承(11-5)一上一下间隔设置,位于两个第三密封轴承(11-5)之间的一段喷水主管(6)上设置有出水孔(6-1);所述一级除尘内筒(4)下半部分的壁为空心结构,所述一级除尘内筒(4)下半部分的壁的外表面上连接有多层水平设置且用于生成水幕的水幕生成管(15),每层所述水幕生成管(15)的数量均为多根,多层水幕生成管(15)中位于一级除尘内筒(4)下半部分上部层的水幕生成管(15)上均匀设置有多个雾化喷头(16),多层水幕生成管(15)中位于一级除尘内筒(4)下半部分下部层的水幕生成管(15)上均匀设置有多个增压喷头(32);所述差速器外壳(11-1)上设置有供出水孔(6-1)中流出的水流到一级除尘内筒(4)下半部分的壁内的水流通道(11-11)。

6.按照权利要求5所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述旋转动力传动机构包括电动机(27)和与电动机(27)的输出轴固定连接的主动齿轮(28),伸出一级除尘外筒(1)底部的一段喷水主管(6)上固定连接有与主动齿轮(28)相啮合的从动齿轮(29)。

7.按照权利要求1所述的一种矿井除尘系统,其特征在于:所述二级除尘外筒(17)内部还设置有位于二级除尘内筒(18)下方且用于防止沉降到二级除尘外筒(17)内底部的灰尘被吹入二级除尘内筒(18)内的挡板(20),所述二级除尘外筒(17)内底部设置有用于支撑挡板(20)的支撑柱(21);所述二级除尘外筒(17)包括可拆卸连接的上半二级除尘外筒(17-3)

和下半二级除尘外筒(17-4)。

8.一种如权利要求6所述矿井除尘系统的除尘方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、设置用于对所述矿井除尘系统进行控制的矿井除尘控制器,所述矿井除尘控制器包括控制器模块(43)和与控制器模块(43)相接的触摸式液晶显示屏(44),所述控制器模块(43)的输出端接有用于驱动电动机(27)的电动机驱动器(45)、用于接通或断开水泵(31)的供电回路的第一继电器(46)、用于接通或断开振打器(30)的供电回路的第二继电器(47)、用于驱动水压调节阀(39)的第一阀门驱动器(48)和用于驱动脉冲反吹阀(26)的第二阀门驱动器(49);将电动机(27)与电动机驱动器(45)的输出端连接,将第一继电器(46)接在水泵(31)的供电回路中,将第二继电器(47)接在振打器(30)的供电回路中,将水压调节阀(39)与第一阀门驱动器(48)的输出端连接,将脉冲反吹阀(26)与第二阀门驱动器(49)的输出端连接;

步骤二、所述控制器模块(43)通过电动机驱动器(45)驱动所述电动机(27)旋转,电动机(27)带动主动齿轮(28)旋转,主动齿轮(28)带动从动齿轮(29)旋转,从动齿轮(29)带动喷水主管(6)旋转,喷水主管(6)通过风扇连接块(10)带动涡轮风扇(5)旋转,而且,喷水主管(6)带动差速器(11)的两个太阳轮(11-2)旋转,两个太阳轮(11-2)旋转的动力传递给两个行星轮(11-3),再通过行星轮轴(11-4)传递给差速器外壳(11-1),并通过差速器外壳(11-1)带动一级除尘内筒(4)旋转;同时,所述控制器模块(43)控制第一继电器(46)接通所述水泵(31)的供电回路,启动水泵(31),通过第一阀门驱动器(48)驱动水压调节阀(39)调节水压,沉降过滤池(13)内的水经水泵(31)加压,并经水压调节阀(39)调节压力后通过输水管(12)进入喷水主管(6),流经喷水主管(6)后从多根喷水分管(7)内喷出,而且,喷水主管(6)内的水通过出水孔(6-1)流入差速器外壳(11-1)上的水流通道(11-11),再流到一级除尘内筒(4)下半部分的壁内,再流到水幕生成管(15)内,位于一级除尘内筒(4)下半部分上部层的水幕生成管(15)内的水通过多个雾化喷头(16)喷出,位于一级除尘内筒(4)下半部分下部层的水幕生成管(15)内的水通过多个增压喷头(32)喷出;

步骤三、一级除尘:含尘气体在涡轮风扇(5)旋转时在一级除尘内筒(4)内形成的负压的作用下通过进气栅(3)和进气筒(2)进入一级除尘内筒(4)内;进入一级除尘内筒(4)内的含尘气体中的粉尘颗粒部分被从多根喷水分管(7)内喷出的水碰撞捕捉,粉尘颗粒与水结合后产生的汽水混合物在重力的作用下沉降到一级除尘外筒(1)内,部分未被从多根喷水分管(7)内喷出的水碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气从一级除尘内筒(4)的底部流出并充斥于一级除尘外筒(1)内,充斥于一级除尘外筒(1)内的粉尘颗粒在多个雾化喷头(16)喷出的水和多个增压喷头(32)喷出的水形成的水幕淋滤作用下,被充分地碰撞捕捉,并沉降到一级除尘外筒(1)内,沉降到一级除尘外筒(1)内的粉尘颗粒再经过一级除尘输送管(33)进入沉降过滤池(13)内;部分未被碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气经由一级除尘外筒连接管(1-1)和第一二级除尘外筒连接管(17-1)进入二级除尘外筒(17)内部;

步骤四、二级除尘:进入二级除尘外筒(17)内部的含尘空气在导流板(19)的作用下形成高速螺旋气流,利用离心力将水分和粉尘颗粒分离,使粉尘颗粒沉积到二级除尘外筒(17)内底部,沉降到二级除尘外筒(17)内的粉尘颗粒再经过二级除尘输送管(35)进入沉降过滤池(13)内;部分未被沉降的粉尘颗粒随含尘空气经由第二二级除尘外筒连接管(17-2)

和三级除尘筒连接管(22-1)进入三级除尘筒(22)内部；

步骤五、三级除尘：含尘空气经过电晕极(37)时，电晕极(37)使含尘空气中的粉尘颗粒带电，再在滤袋式除尘器(23)形成的电场作用下，吸附粉尘颗粒，净化后的空气通过排气口(38)排出到矿井中；控制器模块(43)通过控制第二阀门驱动器(49)驱动脉冲反吹阀(26)打开，粉尘颗粒在反吹的作用下，从滤袋式除尘器(23)内落下进入三级除尘筒(22)下部，再在振打器(30)的作用下落入集灰仓(24)内。

9.按照权利要求8所述的方法，其特征在于：步骤二中所述控制器模块(43)通过第一阀门驱动器(48)驱动水压调节阀(39)调节水压时采用PID控制的方法。

10.按照权利要求8所述的方法，其特征在于：所述控制器模块(43)的输入端接有用于对矿井内的粉尘浓度进行实时检测的粉尘浓度传感器(50)，步骤二中所述控制器模块(43)通过电动机驱动器(45)驱动所述电动机(27)旋转时的转速控制，根据矿井内的粉尘浓度检测值，并采用优化模糊神经网络PID控制的方法确定电动机(27)的转速，具体过程为：

步骤201、控制器模块(43)对粉尘浓度传感器(50)检测到的矿井内的粉尘浓度进行周期性采样；

步骤202、控制器模块(43)根据公式$e_i = X_s^i - X_u^i$对其第i次采样得到的粉尘浓度X_s^i与预设粉尘浓度X_u^i作差，得到偏差e_i；

步骤203、控制器模块(43)根据公式$e_c^i = \frac{de_i}{dt}$对偏差e_i求导，得到偏差e_i随时间t的变化率e_c^i；

步骤204、控制器模块(43)将e_i和e_c^i作为模糊神经网络中输入层的两个节点；

步骤205、控制器模块(43)将e_i和e_c^i划分模糊子集，确定模糊神经网络中模糊化层的节点数，隶属函数采用高斯函数；

步骤206、控制器模块(43)确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数；

步骤207、控制器模块(43)对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊，变成一个节点，并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点；

步骤208、控制器模块(43)将K_P、K_I、K_D作为PID神经网络中PID层的三个节点，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化，使静态参数的K_P、K_I、K_D转化为动态调整形式；

其中，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为：

步骤A、初始化粒子群的位置和速度，将粒子群中每个粒子的位置表示为PID神经网络中当前迭代中的权值，并将种群规模设定为正整数N，将最大迭代次数设定为s；

步骤B、根据初始位置和速度产生各粒子新的位置；

步骤C、将预测值与实际值的均方差作为适应度函数，计算每个粒子的适应度值；

步骤D、对于每个粒子，比较它的适应度值和它经历过的最好位置P_{id}的适应度值，当适应度值更好时就更新；

步骤E、对于每个粒子，比较它的适应度值和群体所经历的最好位置P_{gd}的适应度值，当适应度值更好时就更新；

步骤F、根据公式$V_{id}^{k+1} = V_{id}^{k} + c_1 r_1 (P_{id}^{k} - X_{id}^{k}) + c_2 r_2 (P_{gd}^{k} - X_{id}^{k})$和公式$X_{id}^{k+1} = X_{id}^{k} + V_{id}^{k+1}$调

整粒子的速度和位置;其中,V_{id}^{k}为第i个粒子在k次迭代中第d维上的速度,V_{id}^{k+1}为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的速度,c_1和c_2均为学习因子,r_1和r_2均为介于(0,1)的随机数,X_{id}^{k}为第i个粒子在k次迭代中第d维上的位置,X_{id}^{k+1}为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的位置,P_{id}^{k}为第i个粒子在k次迭代中当前搜索到的最优位置,P_{gd}^{k}为第i个粒子在k次迭代中全局搜索到的最优位置;

步骤G、当达到最大迭代次数时结束迭代,否则返回步骤B继续迭代执行,将结束迭代后的全局最优位置P_{gd}的解确定为最优的PID神经网络的权值;

步骤209、PID神经网络中的输出层输出对电动机(27)优化后的控制电压U^{*},并通过电动机驱动器(45)驱动所述电动机(27)。

一种矿井除尘系统及其除尘方法

技术领域

[0001] 本发明属于矿井除尘技术领域，具体涉及一种矿井除尘系统及其除尘方法。

背景技术

[0002] 随着我国对煤炭能源需求的增大，煤矿数量逐渐增多，粉尘危害已经成为煤炭行业最为严重的危害。当前，我国大多数煤矿的防尘措施达不到有效防尘的目的，甚至没有防尘措施。带来的严重后果是煤尘爆炸隐患增大，特别是煤矿尘肺人数的逐年增多。

[0003] 现有技术中的矿井除尘措施，可分为减、降、排、除、阻5类。(1)减尘：即在掌子面喷洒水、湿钻、湿喷及水封爆破；(2)降尘：即在运输设备装载点和转载点喷雾或洒水、喷雾水幕净化空气、喷雾泡沫降尘及在水中配加湿润剂；(3)排尘：采用风机通风、选取最佳风速和设置隔尘帘幕、机械密封罩、回风巷风门等；(4)除尘：包括过滤式除尘器、干式捕尘器和湿式除尘器等；(5)阻尘：即佩戴防尘帽、防尘口罩等。

[0004] 在实际生产中，矿井粉尘的防治手段以通风排尘为主。然而，仅仅依靠通风进行粉尘治理还远远不够，主要问题是粉尘在排出过程中会污染整个巷道，危害所有作业人员。矿井中可根据具体情况综合采用多种手段，在产尘点采用除尘机将粉尘收集，减少巷道内的粉尘量，再通过通风提高巷道内空气质量就是一种不错的方法。目前，除尘主要有湿式除尘和干式除尘两类。湿式除尘虽然体积小、简单易行、设备费用少，但多数湿式除尘机处理风量小、雾化程度不好、除尘效率不高；干式除尘的效率更高，不消耗水，自动化程度高，日常维护量少，工人劳动强度低，但干式除尘机体积大，移动不便，在空间受限的掘进巷道无法使用，滤袋遇水会糊袋，影响除尘效率。现有技术中还缺乏除尘效果满足实际需求的矿井除尘系统及方法。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足，提供一种结构紧凑、设计新颖合理、实现方便、能够高效去除矿井井下粉尘、减少对人类的伤害、实用性强、使用效果好、便于推广使用的矿井除尘系统。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：一种矿井除尘系统，包括一级除尘装置、二级除尘装置、三级除尘装置、沉降过滤池和储水器；

[0007] 所述一级除尘装置包括一级除尘外筒、连接在一级除尘外筒上部开口处的进气筒和设置在一级除尘外筒内的旋转式除尘机构，所述进气筒的入口处设置有进气栅；所述旋转式除尘机构包括一级除尘内筒，设置在一级除尘内筒内的涡轮风扇和水雾喷射机构，以及用于为一级除尘内筒、涡轮风扇和所述水雾喷射机构提供旋转动力的旋转动力传动机构；所述一级除尘内筒的下部连接有用于使涡轮风扇和所述水雾喷射机构同步旋转并与一级除尘内筒差速旋转的差速器，所述水雾喷射机构与所述旋转动力传动机构和差速器均连接；所述沉降过滤池的出水口连接有净水器，所述储水器的进水口与净水器的出水口连接，所述储水器的出水口连接有与所述水雾喷射机构连接的输水管，所述输水管上连接有水泵

和水压调节阀;所述一级除尘外筒底部的排污口通过一级除尘输送管和设置在一级除尘输送管上的一级除尘电磁阀与沉降过滤池的顶部连接;

[0008] 所述二级除尘装置包括二级除尘外筒、设置在二级除尘外筒内部的二级除尘内筒和螺旋设置在二级除尘内筒外壁上的导流板,所述二级除尘外筒的顶部和底部均为封口设置,所述二级除尘内筒的顶部和底部均为敞口设置;所述二级除尘外筒底部的排污口通过二级除尘输送管和设置在二级除尘输送管上的二级除尘电磁阀与沉降过滤池的顶部连接;

[0009] 所述三级除尘装置包括三级除尘筒以及设置在三级除尘筒内部的电晕极和滤袋式除尘器,所述三级除尘筒外部设置有用于为电晕极供电的整流电源,所述电晕极与整流电源的输出端连接,所述滤袋式除尘器包括除尘骨架和套装在除尘骨架上的除尘滤袋,所述除尘骨架接地,所述三级除尘筒内部设置有位于滤袋式除尘器上方且从三级除尘筒的侧壁伸出三级除尘筒外部的反吹管,所述反吹管上设置有多个正对滤袋式除尘器设置的脉冲反吹阀,所述三级除尘筒的上部侧壁上设置有排气口,所述三级除尘筒的下部外壁上设置有振打器,所述三级除尘筒的底部设置有用于收集灰尘的集灰仓;

[0010] 所述一级除尘外筒的侧壁上设置有与一级除尘外筒内部相连通且用于与二级除尘外筒连接的一级除尘外筒连接管,所述二级除尘外筒的侧壁上设置有与二级除尘外筒内部相连通且用于与一级除尘外筒连接的第一二级除尘外筒连接管,所述二级除尘外筒的侧壁上还设置有与二级除尘外筒内部相连通且用于与三级除尘筒连接的第二二级除尘外筒连接管,所述三级除尘筒的侧壁上设置有与三级除尘筒内部相连通且用于与二级除尘外筒连接的三级除尘筒连接管;所述第一二级除尘外筒连接管与一级除尘外筒连接管连接,所述三级除尘筒连接管通过二级三级过渡管与第二二级除尘外筒连接管连接。

[0011] 上述的一种矿井除尘系统,所述一级除尘内筒的顶部和底部均为敞口设置,所述水雾喷射机构包括竖直设置在一级除尘内筒内且向下伸出一级除尘外筒外部的喷水主管,以及连接在喷水主管顶部且向不同方向延伸的多根喷水分管;每根所述喷水分管的出水口处均连接有雾化喷嘴,所述一级除尘外筒底部连接有用于支撑安装喷水主管的第一密封轴承,所述喷水主管的上部固定连接有风扇连接块,所述涡轮风扇固定连接在风扇连接块顶部,伸出一级除尘外筒底部的一段喷水主管与旋转动力传动机构连接;位于一级除尘内筒底部位置处的一段喷水主管与差速器连接,所述一级除尘内筒与差速器的从动输出部分连接;所述输水管与所述水雾喷射机构连接的一端内部设置有用于支撑安装喷水主管的第二密封轴承,所述喷水主管的下端连接在第二密封轴承上。

[0012] 上述的一种矿井除尘系统,所述一级除尘外筒的顶部内壁上设置有滑轨,所述一级除尘内筒的顶部外壁上周围固定连接有多块能够在滑轨中滑动的滑块;所述一级除尘内筒上半部分的形状为喇叭形,所述一级除尘内筒下半部分的形状为空心圆柱形,所述风扇连接块设置在一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处内部中间位置处,所述风扇连接块的形状为纺锤形,多根所述喷水分管均水平设置在风扇连接块内部竖直方向的中间位置处且穿出到风扇连接块外部。

[0013] 上述的一种矿井除尘系统,所述差速器包括差速器外壳以及设置在差速器外壳内部的两个太阳轮和两个行星轮,两个所述太阳轮与两个所述行星轮相互间隔设置且相互啮合,两个所述太阳轮一上一下设置且固定连接在喷水主管上,两个行星轮一左一右设置且固定连接在水平设置在差速器外壳内的行星轮轴上,所述行星轮轴的两端均与差速器外壳

固定连接，所述差速器外壳为差速器的从动输出部分，所述一级除尘内筒与差速器外壳连接，所述差速器外壳的内壁上安装有用于支撑安装喷水主管的第三密封轴承。

[0014] 上述的一种矿井除尘系统，所述第三密封轴承的数量为两个，两个第三密封轴承一上一下间隔设置，位于两个第三密封轴承之间的一段喷水主管上设置有出水孔；所述一级除尘内筒下半部分的壁为空心结构，所述一级除尘内筒下半部分的壁的外表面上连接有多层水平设置且用于生成水幕的水幕生成管，每层所述水幕生成管的数量均为多根，多层水幕生成管中位于一级除尘内筒下半部分上部层的水幕生成管上均匀设置有多个雾化喷头，多层水幕生成管中位于一级除尘内筒下半部分下部层的水幕生成管上均匀设置有多个增压喷头；所述差速器外壳上设置有供出水孔中流出的水流到一级除尘内筒下半部分的壁内的水流通道。

[0015] 上述的一种矿井除尘系统，所述旋转动力传动机构包括电动机和与电动机的输出轴固定连接的主动齿轮，伸出一级除尘外筒底部的一段喷水主管上固定连接有与主动齿轮相啮合的从动齿轮。

[0016] 上述的一种矿井除尘系统，所述二级除尘外筒内部还设置有位于二级除尘内筒下方且用于防止沉降到二级除尘外筒内底部的灰尘被吹入二级除尘内筒内的挡板，所述二级除尘外筒内底部设置有用于支撑挡板的支撑柱；所述二级除尘外筒包括可拆卸连接的上半二级除尘外筒和下半二级除尘外筒。

[0017] 本发明还公开了一种方法步骤简单、实现方便、能够有效去除矿井施工中产生的粉尘、减少对人类的伤害的矿井除尘系统的除尘方法，该方法包括以下步骤：

[0018] 步骤一、设置用于对所述矿井除尘系统进行控制的矿井除尘控制器，所述矿井除尘控制器包括控制器模块和与控制器模块相接的触摸式液晶显示屏，所述控制器模块的输出端接有用于驱动电动机的电动机驱动器、用于接通或断开水泵的供电回路的第一继电器、用于接通或断开振打器的供电回路的第二继电器、用于驱动水压调节阀的第一阀门驱动器和用于驱动脉冲反吹阀的第二阀门驱动器；将电动机与电动机驱动器的输出端连接，将第一继电器接在水泵的供电回路中，将第二继电器接在振打器的供电回路中，将水压调节阀与第一阀门驱动器的输出端连接，将脉冲反吹阀与第二阀门驱动器的输出端连接；

[0019] 步骤二、所述控制器模块通过电动机驱动器驱动所述电动机旋转，电动机带动主动齿轮旋转，主动齿轮带动从动齿轮旋转，从动齿轮带动喷水主管旋转，喷水主管通过风扇连接块带动涡轮风扇旋转，而且，喷水主管带动差速器的两个太阳轮旋转，两个太阳轮旋转的动力传递给两个行星轮，再通过行星轮轴传递给差速器外壳，并通过差速器外壳带动一级除尘内筒旋转；同时，所述控制器模块控制第一继电器接通所述水泵的供电回路，启动水泵，通过第一阀门驱动器驱动水压调节阀调节水压，沉降过滤池内的水经水泵加压，并经水压调节阀调节压力后通过输水管进入喷水主管，流经喷水主管后从多根喷水分管内喷出，而且，喷水主管内的水通过出水孔流入差速器外壳上的水流通道，再流到一级除尘内筒下半部分的壁内，再流到水幕生成管内，位于一级除尘内筒下半部分上部层的水幕生成管内的水通过多个雾化喷头喷出，位于一级除尘内筒下半部分下部层的水幕生成管内的水通过多个增压喷头喷出；

[0020] 步骤三、一级除尘：含尘气体在涡轮风扇旋转时在一级除尘内筒内形成的负压的作用下通过进气栅和进气筒进入一级除尘内筒内；进入一级除尘内筒内的含尘气体中的粉

尘颗粒部分被从多根喷水分管内喷出的水碰撞捕捉，粉尘颗粒与水结合后产生的汽水混合物在重力的作用下沉降到一级除尘外筒内，部分未被从多根喷水分管内喷出的水碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气从一级除尘内筒的底部流出并充斥于一级除尘外筒内，充斥于一级除尘外筒内的粉尘颗粒在多个雾化喷头喷出的水和多个增压喷头喷出的水形成的水幕淋滤作用下，被充分地碰撞捕捉，并沉降到一级除尘外筒内，沉降到一级除尘外筒内的粉尘颗粒再经过一级除尘输送管进入沉降过滤池内；部分未被碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气经由一级除尘外筒连接管和第一二级除尘外筒连接管进入二级除尘外筒内部；

[0021] 步骤四、二级除尘：进入二级除尘外筒内部的含尘空气在导流板的作用下形成高速螺旋气流，利用离心力将水分和粉尘颗粒分离，使粉尘颗粒沉积到二级除尘外筒内底部，沉降到二级除尘外筒内的粉尘颗粒再经过二级除尘输送管进入沉降过滤池内；部分未被沉降的粉尘颗粒随含尘空气经由第二二级除尘外筒连接管和三级除尘筒连接管进入三级除尘筒内部；

[0022] 步骤五、三级除尘：含尘空气经过电晕极时，电晕极使含尘空气中的粉尘颗粒带电，再在滤袋式除尘器形成的电场作用下，吸附粉尘颗粒，净化后的空气通过排气口排出到矿井中；控制器模块通过控制第二阀门驱动器驱动脉冲反吹阀打开，粉尘颗粒在反吹的作用下，从滤袋式除尘器内落下进入三级除尘筒下部，再在振打器的作用下落入集灰仓内。

[0023] 上述的方法，步骤二中所述控制器模块通过第一阀门驱动器驱动水压调节阀调节水压时采用PID控制的方法。

[0024] 上述的方法，所述控制器模块的输入端接有用于对矿井内的粉尘浓度进行实时检测的粉尘浓度传感器，步骤二中所述控制器模块通过电动机驱动器驱动所述电动机旋转时的转速控制，根据矿井内的粉尘浓度检测值，并采用优化模糊神经网络PID控制的方法确定电动机的转速，具体过程为：

[0025] 步骤201、控制器模块对粉尘浓度传感器检测到的矿井内的粉尘浓度进行周期性采样；

[0026] 步骤202、控制器模块根据公式$e_i = X_s^i - X_u^i$对其第i次采样得到的粉尘浓度X_s^i与预设粉尘浓度X_u^i作差，得到偏差e_i；

[0027] 步骤203、控制器模块根据公式$e_c^i = \frac{de_i}{dt}$对偏差e_i求导，得到偏差e_i随时间t的变化率e_c^i；

[0028] 步骤204、控制器模块将e_i和e_c^i作为模糊神经网络中输入层的两个节点；

[0029] 步骤205、控制器模块将e_i和e_c^i划分模糊子集，确定模糊神经网络中模糊化层的节点数，隶属函数采用高斯函数；

[0030] 步骤206、控制器模块确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数；

[0031] 步骤207、控制器模块对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊，变成一个节点，并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点；

[0032] 步骤208、控制器模块将K_P、K_I、K_D作为PID神经网络中PID层的三个节点，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化，使静态参数的K_P、K_I、K_D转化为动态调整形式；

[0033] 其中，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为：

[0034] 步骤A、初始化粒子群的位置和速度，将粒子群中每个粒子的位置表示为PID神经网络中当前迭代中的权值，并将种群规模设定为正整数N，将最大迭代次数设定为s；

[0035] 步骤B、根据初始位置和速度产生各粒子新的位置；

[0036] 步骤C、将预测值与实际值的均方差作为适应度函数，计算每个粒子的适应度值；

[0037] 步骤D、对于每个粒子，比较它的适应度值和它经历过的最好位置P_{id}的适应度值，当适应度值更好时就更新；

[0038] 步骤E、对于每个粒子，比较它的适应度值和群体所经历的最好位置P_{gd}的适应度值，当适应度值更好时就更新；

[0039] 步骤F、根据公式$V_{id}^{k+1}=V_{id}^{k}+c_1r_1(P_{id}^{k}-X_{id}^{k})+c_2r_2(P_{gd}^{k}-X_{id}^{k})$和公式$X_{id}^{k+1}=X_{id}^{k}+V_{id}^{k+1}$调整粒子的速度和位置；其中，$V_{id}^{k}$为第i个粒子在k次迭代中第d维上的速度，$V_{id}^{k+1}$为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的速度，$c_1$和$c_2$均为学习因子，$r_1$和$r_2$均为介于(0,1)的随机数，$X_{id}^{k}$为第i个粒子在k次迭代中第d维上的位置，$X_{id}^{k+1}$为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的位置，$P_{id}^{k}$为第i个粒子在k次迭代中当前搜索到的最优位置，$P_{gd}^{k}$为第i个粒子在k次迭代中全局搜索到的最优位置；

[0040] 步骤G、当达到最大迭代次数时结束迭代，否则返回步骤B继续迭代执行，将结束迭代后的全局最优位置P_{gd}的解确定为最优的PID神经网络的权值；

[0041] 步骤209、PID神经网络中的输出层输出对电动机优化后的控制电压U^{*}，并通过电动机驱动器驱动所述电动机。

[0042] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0043] 1、本发明的矿井除尘系统，通过设计一级除尘装置、二级除尘装置和三级除尘装置，实现了多级联合除尘的目的，能够将除尘率提高到90％以上。

[0044] 2、本发明的矿井除尘系统，一级除尘装置为湿式除尘装置，三级除尘装置为干式除尘装置，通过在一级除尘装置和三级除尘装置之间设置二级除尘装置进行过渡，实现了干湿结合除尘的目的，使本发明的矿井除尘系统同时具备了干式除尘器和湿式除尘器的优点。

[0045] 3、本发明的矿井除尘系统，通过在一级除尘内筒内设置涡轮风扇，能够达到高效除尘的目的，且涡轮风扇的安装简单，成本低，空气流量大、能耗低、噪音低，工作可靠性高。

[0046] 4、本发明的矿井除尘系统，将一级除尘内筒上半部分的形状设置为喇叭形，将一级除尘内筒下半部分的形状设置为空心圆柱形，将风扇连接块设置在一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处内部中间位置处，将风扇连接块的形状设置纺锤形，将多根喷水分管水平设置在风扇连接块内部竖直方向的中间位置处，使进入一级除尘内筒内含尘气体以高速通过一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处，从喷水分管喷射出来的水滴，在高速气流的冲击下雾化，使得一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处气体和水充分接触，尘粒表面附着的气膜被冲破，使尘粒被水湿润，发生激烈的凝聚。当气流经过一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处后，气流速度减小，压力回升，以尘粒为凝结核的凝聚作用完成，凝聚成较大的含尘水滴，更利于除尘。

[0047] 5、本发明的矿井除尘系统，采用下部设置增压喷头、上部设置雾化喷头的方式，当含尘气体从下往上流动时，先经过增压喷头喷出的水的作用，能够去除粉尘中较大较重的

颗粒物，再经过雾化喷头喷出的水雾作用，能够去除粉尘中未被增压喷头喷出的水去除的较小较轻的颗粒物，从而能够加强除尘效果，达到对含尘气体彻底增湿、洗涤、除尘的目的。

[0048] 6、本发明的矿井除尘系统，通过设置差速器，能够使涡轮风扇和所述水雾喷射机构同步旋转，并与一级除尘内筒差速旋转，具体实施时，通常使涡轮风扇和所述水雾喷射机构的转速远大于一级除尘内筒的转速；通过使涡轮风扇高速旋转，能够高效地吸入隧道内的含尘气体；通过使所述水雾喷射机构中的喷水主管高速旋转，能够使从喷水分管喷射出来的水滴，在高速气流的冲击下雾化，使得一级除尘内筒上半部分和下半部分连接处气体和水充分接触，尘粒表面附着的气膜被冲破，使尘粒被水湿润，发生激烈的凝聚。通过使一级除尘内筒低速旋转，能够避免一级除尘内筒产生的离心力过大，使从增压喷头和雾化喷头喷出的水在离心力的作用下打到一级除尘外筒的内壁上，不能很好地去除粉尘颗粒物；而使一级除尘内筒低速旋转能够保证从增压喷头和雾化喷头喷出的水形成水幕，进而更好地去除粉尘颗粒物。

[0049] 7、本发明的矿井除尘系统，二级除尘装置的巧妙设计，使得进入二级除尘外筒内部的含尘空气在导流板的作用下形成高速螺旋气流，利用离心力将水分和粉尘颗粒分离，使粉尘颗粒沉积到二级除尘外筒内底部，沉降到二级除尘外筒内的粉尘颗粒再经过二级除尘输送管进入沉降过滤池内；无需外加动力源就能够实现除尘和除湿的效果，低碳环保。

[0050] 8、本发明的矿井除尘系统，三级除尘装置采用电除尘和滤袋除尘相结合的方式除尘，有效提高了除尘效率。

[0051] 9、本发明通过设置沉降过滤池、净水器和储水器，实现了水资源的循环利用，节能环保。

[0052] 10、本发明的矿井除尘系统，通过设计一级除尘装置、二级除尘装置和三级除尘装置，采用了文丘里式湿式除尘和冲击式干式除尘相结合的方法，其既具有了文丘里式除尘优点(①除尘效率高，可达99％；②能消除1um以下的细尘粒；③结构简单，造价低廉，维护管理简单；④不仅可以用作除尘，还能用于除雾、降温和吸收等方面)，又改进了其不足之处(压力损失较大，用水量较多等)；通过设置滤袋式除尘器23还可以让吸入的矿尘进行二次过滤，从而将气体净化到最大程度；最终，可以进一步减少矿井施工中粉尘对环境的污染，以减少对人类的伤害。

[0053] 11、本发明的矿井除尘系统的除尘方法，方法步骤简单，实现方便，能够有效去除矿井施工中产生的粉尘，减少对人类的伤害。

[0054] 12、本发明的矿井除尘系统的除尘方法，在进行电动机的转速控制时，采用了粒子群算法优化模糊神经网络PID控制的方法，能够根据矿井井下粉尘浓度控制电动机的转速，进而控制涡轮风扇的转速和一级除尘内筒的转速，达到了一级除尘根据矿井井下粉尘浓度进行实施的目的，能够高效去除矿井井下粉尘，且避免了浪费。

[0055] 综上所述，本发明的设计新颖合理，实现方便，能够高效去除矿井井下粉尘，减少对人类的伤害，实用性强，使用效果好，便于推广使用。

[0056] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0057] 图1为本发明矿井除尘系统的结构示意图。

[0058] 图2为图1的A部放大图。

[0059] 图3为本发明差速器的结构示意图。

[0060] 图4为本发明控制器模块与其他各单元的连接关系示意图。

具体实施方式

[0061] 如图1所示，本发明包括的矿井除尘系统，包括一级除尘装置、二级除尘装置、三级除尘装置、沉降过滤池13和储水器51；

[0062] 所述一级除尘装置包括一级除尘外筒1、连接在一级除尘外筒1上部开口处的进气筒2和设置在一级除尘外筒1内的旋转式除尘机构，所述进气筒2的入口处设置有进气栅3；所述旋转式除尘机构包括一级除尘内筒4，设置在一级除尘内筒4内的涡轮风扇5和水雾喷射机构，以及用于为一级除尘内筒4、涡轮风扇5和所述水雾喷射机构提供旋转动力的旋转动力传动机构；所述一级除尘内筒4的下部连接有用于使涡轮风扇5和所述水雾喷射机构同步旋转并与一级除尘内筒4差速旋转的差速器11，所述水雾喷射机构与所述旋转动力传动机构和差速器11均连接；所述沉降过滤池13的出水口连接有净水器52，所述储水器51的进水口与净水器52的出水口连接，所述储水器51的出水口连接有与所述水雾喷射机构连接的输水管12，所述输水管12上连接有水泵31和水压调节阀39；所述一级除尘外筒1底部的排污口通过一级除尘输送管33和设置在一级除尘输送管33上的一级除尘电磁阀34与沉降过滤池13的顶部连接；

[0063] 具体实施时，所述进气筒2的形状为流线形，通过将进气筒2的形状设计为流线形，能够减小涡旋作用或避免涡旋的形成，大大地减低了进气筒2对含尘气体的阻力，能够更好地除尘。

[0064] 具体实施时，所述储水器51顶部连接有用于与水源连接并往储水器51内补水的补水管53；

[0065] 所述二级除尘装置包括二级除尘外筒17、设置在二级除尘外筒17内部的二级除尘内筒18和螺旋设置在二级除尘内筒18外壁上的导流板19，所述二级除尘外筒17的顶部和底部均为封口设置，所述二级除尘内筒18的顶部和底部均为敞口设置；所述二级除尘外筒17底部的排污口通过二级除尘输送管35和设置在二级除尘输送管35上的二级除尘电磁阀36与沉降过滤池13的顶部连接；

[0066] 所述二级除尘装置采用以上结构，进入二级除尘外筒17内部的含尘空气在导流板19的作用下形成高速螺旋气流，利用离心力将水分和粉尘颗粒分离，使粉尘颗粒沉积到二级除尘外筒17内底部，沉降到二级除尘外筒17内的粉尘颗粒再经过二级除尘输送管35进入沉降过滤池13内；无需外加动力源就能够实现除尘和除湿的效果，低碳环保。

[0067] 所述三级除尘装置包括三级除尘筒22以及设置在三级除尘筒22内部的电晕极37和滤袋式除尘器23，所述三级除尘筒22外部设置有用于为电晕极37供电的整流电源42，所述电晕极37与整流电源42的输出端连接，所述滤袋式除尘器23包括除尘骨架和套装在除尘骨架上的除尘滤袋，所述除尘骨架接地，所述三级除尘筒22内部设置有位于滤袋式除尘器23上方且从三级除尘筒22的侧壁伸出三级除尘筒22外部的反吹管25，所述反吹管25上设置有多个正对滤袋式除尘器23设置的脉冲反吹阀26，所述三级除尘筒22的上部侧壁上设置有排气口38，所述三级除尘筒22的下部外壁上设置有振打器30，所述三级除尘筒22的底部设

置有用于收集灰尘的集灰仓24；

[0068] 所述一级除尘外筒1的侧壁上设置有与一级除尘外筒1内部相连通且用于与二级除尘外筒17连接的一级除尘外筒连接管1-1，所述二级除尘外筒17的侧壁上设置有与二级除尘外筒17内部相连通且用于与一级除尘外筒1连接的第一二级除尘外筒连接管17-1，所述二级除尘外筒17的侧壁上还设置有与二级除尘外筒17内部相连通且用于与三级除尘筒22连接的第二二级除尘外筒连接管17-2，所述三级除尘筒22的侧壁上设置有与三级除尘筒22内部相连通且用于与二级除尘外筒17连接的三级除尘筒连接管22-1；所述第一二级除尘外筒连接管17-1与一级除尘外筒连接管1-1连接，所述三级除尘筒连接管22-1通过二级三级过渡管17-5与第二二级除尘外筒连接管17-2连接。

[0069] 具体实施时，所述第一二级除尘外筒连接管17-1与一级除尘外筒连接管1-1通过法兰和螺栓连接，所述三级除尘筒连接管22-1与第二二级除尘外筒连接管17-2通过法兰和螺栓连接；

[0070] 本实施例中，所述一级除尘内筒4的顶部和底部均为敞口设置，所述水雾喷射机构包括竖直设置在一级除尘内筒4内且向下伸出一级除尘外筒1外部的喷水主管6，以及连接在喷水主管6顶部且向不同方向延伸的多根喷水分管7；每根所述喷水分管7的出水口处均连接有雾化喷嘴8，所述一级除尘外筒1底部连接有用于支撑安装喷水主管6的第一密封轴承9，所述喷水主管6的上部固定连接有风扇连接块10，所述涡轮风扇5固定连接在风扇连接块10顶部，伸出一级除尘外筒1底部的一段喷水主管6与旋转动力传动机构连接；位于一级除尘内筒4底部位置处的一段喷水主管6与差速器11连接，所述一级除尘内筒4与差速器11的从动输出部分连接；所述输水管12与所述水雾喷射机构连接的一端内部设置有用于支撑安装喷水主管6的第二密封轴承14，所述喷水主管6的下端连接在第二密封轴承14上。

[0071] 具体实施时，多根喷水分管7均匀设置在喷水主管6顶部，所述喷水分管7的数量为2～8根。

[0072] 本实施例中，如图2所示，所述一级除尘外筒1的顶部内壁上设置有滑轨40，所述一级除尘内筒4的顶部外壁上周围固定连接有多块能够在滑轨40中滑动的滑块41；通过设置滑轨40和滑块41，能够更加保证一级除尘装置结构的稳定性；所述一级除尘内筒4上半部分的形状为喇叭形，所述一级除尘内筒4下半部分的形状为空心圆柱形，所述风扇连接块10设置在一级除尘内筒4上半部分和下半部分连接处内部中间位置处，所述风扇连接块10的形状为纺锤形，多根所述喷水分管7均水平设置在风扇连接块10内部竖直方向的中间位置处且穿出到风扇连接块10外部。这样的结构及形状设计，使进入一级除尘内筒4内含尘气体以高速通过一级除尘内筒4上半部分和下半部分连接处，从喷水分管7喷射出来的水滴，在高速气流的冲击下雾化，使得一级除尘内筒4上半部分和下半部分连接处气体和水充分接触，尘粒表面附着的气膜被冲破，使尘粒被水湿润，发生激烈的凝聚。当气流经过一级除尘内筒4上半部分和下半部分连接处后，气流速度减小，压力回升，以尘粒为凝结核的凝聚作用完成，凝聚成较大的含尘水滴，更利于除尘。

[0073] 本实施例中，如图3所示，所述差速器11包括差速器外壳11-1以及设置在差速器外壳11-1内部的两个太阳轮11-2和两个行星轮11-3，两个所述太阳轮11-2与两个所述行星轮11-3相互间隔设置且相互啮合，两个所述太阳轮11-2一上一下设置且固定连接在喷水主管6上，两个行星轮11-3一左一右设置且固定连接在水平设置在差速器外壳11-1内的行星轮

轴11-4上，所述行星轮轴11-4的两端均与差速器外壳11-1固定连接，所述差速器外壳11-1为差速器11的从动输出部分，所述一级除尘内筒4与差速器外壳11-1连接，所述差速器外壳11-1的内壁上安装有用于支撑安装喷水主管6的第三密封轴承11-5。

[0074] 本实施例中，所述第三密封轴承11-5的数量为两个，两个第三密封轴承11-5一上一下间隔设置，位于两个第三密封轴承11-5之间的一段喷水主管6上设置有出水孔6-1；所述一级除尘内筒4下半部分的壁为空心结构，所述一级除尘内筒4下半部分的壁的外表面上连接有多层水平设置且用于生成水幕的水幕生成管15，每层所述水幕生成管15的数量均为多根，多层水幕生成管15中位于一级除尘内筒4下半部分上部层的水幕生成管15上均匀设置有多个雾化喷头16，多层水幕生成管15中位于一级除尘内筒4下半部分下部层的水幕生成管15上均匀设置有多个增压喷头32；所述差速器外壳11-1上设置有供出水孔6-1中流出的水流到一级除尘内筒4下半部分的壁内的水流通道11-11。

[0075] 本发明通过采用下部设置增压喷头32、上部设置雾化喷头16的方式，当含尘气体从下往上流动时，先经过增压喷头32喷出的水的作用，能够去除粉尘中较大较重的颗粒物，再经过雾化喷头16喷出的水雾作用，能够去除粉尘中未被增压喷头32喷出的水去除的较小较轻的颗粒物，从而能够加强除尘效果，达到对含尘气体彻底增湿、洗涤、除尘的目的。

[0076] 本发明通过设置差速器11，能够使涡轮风扇5和所述水雾喷射机构同步旋转，并与一级除尘内筒4差速旋转，具体实施时，通常使涡轮风扇5和所述水雾喷射机构的转速远大于一级除尘内筒4的转速；通过使涡轮风扇5高速旋转，能够高效地吸入矿井内的含尘气体；通过使所述水雾喷射机构中的喷水主管6高速旋转，能够使从喷水分管7喷射出来的水滴，在高速气流的冲击下雾化，使得一级除尘内筒4上半部分和下半部分连接处气体和水充分接触，尘粒表面附着的气膜被冲破，使尘粒被水湿润，发生激烈的凝聚。通过使一级除尘内筒4低速旋转，能够避免一级除尘内筒4产生的离心力过大，使从增压喷头32和雾化喷头16喷出的水在离心力的作用下打到一级除尘外筒1的内壁上，不能很好地去除粉尘颗粒物；而使一级除尘内筒4低速旋转能够保证从增压喷头32和雾化喷头16喷出的水形成水幕，进而更好地去除粉尘颗粒物。

[0077] 本实施例中，所述旋转动力传动机构包括电动机27和与电动机27的输出轴固定连接的主动齿轮28，伸出一级除尘外筒1底部的一段喷水主管6上固定连接有与主动齿轮28相啮合的从动齿轮29。

[0078] 本实施例中，所述二级除尘外筒17内部还设置有位于二级除尘内筒18下方且用于防止沉降到二级除尘外筒17内底部的灰尘被吹入二级除尘内筒18内的挡板20，所述二级除尘外筒17内底部设置有用于支撑挡板20的支撑柱21；所述二级除尘外筒17包括可拆卸连接的上半二级除尘外筒17-3和下半二级除尘外筒17-4。具体实施时，所述上半二级除尘外筒17-3的底部与下半二级除尘外筒17-4的顶部通过法兰和螺栓连接。

[0079] 本发明的矿井除尘系统的除尘方法，包括以下步骤：

[0080] 步骤一、设置用于对所述矿井除尘系统进行控制的矿井除尘控制器，如图4所示，所述矿井除尘控制器包括控制器模块43和与控制器模块43相接的触摸式液晶显示屏44，所述控制器模块43的输出端接有用于驱动电动机27的电动机驱动器45、用于接通或断开水泵31的供电回路的第一继电器46、用于接通或断开振打器30的供电回路的第二继电器47、用于驱动水压调节阀39的第一阀门驱动器48和用于驱动脉冲反吹阀26的第二阀门驱动器49；

将电动机27与电动机驱动器45的输出端连接，将第一继电器46接在水泵31的供电回路中，将第二继电器47接在振打器30的供电回路中，将水压调节阀39与第一阀门驱动器48的输出端连接，将脉冲反吹阀26与第二阀门驱动器49的输出端连接；

[0081] 具体实施时，所述控制器模块43为ARM微控制器模块。

[0082] 步骤二、所述控制器模块43通过电动机驱动器45驱动所述电动机27旋转，电动机27带动主动齿轮28旋转，主动齿轮28带动从动齿轮29旋转，从动齿轮29带动喷水主管6旋转，喷水主管6通过风扇连接块10带动涡轮风扇5旋转，而且，喷水主管6带动差速器11的两个太阳轮11-2旋转，两个太阳轮11-2旋转的动力传递给两个行星轮11-3，再通过行星轮轴11-4传递给差速器外壳11-1，并通过差速器外壳11-1带动一级除尘内筒4旋转；同时，所述控制器模块43控制第一继电器46接通所述水泵31的供电回路，启动水泵31，通过第一阀门驱动器48驱动水压调节阀39调节水压，沉降过滤池13内的水经水泵31加压，并经水压调节阀39调节压力后通过输水管12进入喷水主管6，流经喷水主管6后从多根喷水分管7内喷出，而且，喷水主管6内的水通过出水孔6-1流入差速器外壳11-1上的水流通道11-11，再流到一级除尘内筒4下半部分的壁内，再流到水幕生成管15内，位于一级除尘内筒4下半部分上部层的水幕生成管15内的水通过多个雾化喷头16喷出，位于一级除尘内筒4下半部分下部层的水幕生成管15内的水通过多个增压喷头32喷出；

[0083] 步骤三、一级除尘：含尘气体在涡轮风扇5旋转时在一级除尘内筒4内形成的负压的作用下通过进气栅3和进气筒2进入一级除尘内筒4内；进入一级除尘内筒4内的含尘气体中的粉尘颗粒部分被从多根喷水分管7内喷出的水碰撞捕捉，粉尘颗粒与水结合后产生的汽水混合物在重力的作用下沉降到一级除尘外筒1内，部分未被从多根喷水分管7内喷出的水碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气从一级除尘内筒4的底部流出并充斥于一级除尘外筒1内，充斥于一级除尘外筒1内的粉尘颗粒在多个雾化喷头16喷出的水和多个增压喷头32喷出的水形成的水幕淋滤作用下，被充分地碰撞捕捉，并沉降到一级除尘外筒1内，沉降到一级除尘外筒1内的粉尘颗粒再经过一级除尘输送管33进入沉降过滤池13内；部分未被碰撞捕捉的粉尘颗粒随含尘空气经由一级除尘外筒连接管1-1和第一二级除尘外筒连接管17-1进入二级除尘外筒17内部；

[0084] 步骤四、二级除尘：进入二级除尘外筒17内部的含尘空气在导流板19的作用下形成高速螺旋气流，利用离心力将水分和粉尘颗粒分离，使粉尘颗粒沉积到二级除尘外筒17内底部，沉降到二级除尘外筒17内的粉尘颗粒再经过二级除尘输送管35进入沉降过滤池13内；部分未被沉降的粉尘颗粒随含尘空气经由第二二级除尘外筒连接管17-2和三级除尘筒连接管22-1进入三级除尘筒22内部；

[0085] 步骤五、三级除尘：含尘空气经过电晕极37时，电晕极37使含尘空气中的粉尘颗粒带电，再在滤袋式除尘器23形成的电场作用下，吸附粉尘颗粒，净化后的空气通过排气口38排出到矿井中；控制器模块43通过控制第二阀门驱动器49驱动脉冲反吹阀26打开，粉尘颗粒在反吹的作用下，从滤袋式除尘器23内落下进入三级除尘筒22下部，再在振打器30的作用下落入集灰仓24内。

[0086] 具体实施时，对集灰仓24进行定期清理。

[0087] 本实施例中，步骤二中所述控制器模块43通过第一阀门驱动器48驱动水压调节阀39调节水压时采用PID控制的方法。

[0088] 本实施例中，所述控制器模块43的输入端接有用于对矿井内的粉尘浓度进行实时检测的粉尘浓度传感器50，步骤二中所述控制器模块43通过电动机驱动器45驱动所述电动机27旋转时的转速控制，根据矿井内的粉尘浓度检测值，并采用优化模糊神经网络PID控制的方法确定电动机27的转速，具体过程为：

[0089] 步骤201、控制器模块43对粉尘浓度传感器50检测到的矿井内的粉尘浓度进行周期性采样；

[0090] 步骤202、控制器模块43根据公式 $e_i = X_s^i - X_u^i$ 对其第i次采样得到的粉尘浓度 X_s^i 与预设粉尘浓度 X_u^i 作差，得到偏差 e_i；

[0091] 步骤203、控制器模块43根据公式 $e_c^i = \frac{de_i}{dt}$ 对偏差 e_i 求导，得到偏差 e_i 随时间t的变化率 e_c^i；

[0092] 步骤204、控制器模块43将 e_i 和 e_c^i 作为模糊神经网络中输入层的两个节点；

[0093] 步骤205、控制器模块43将 e_i 和 e_c^i 划分模糊子集，确定模糊神经网络中模糊化层的节点数，隶属函数采用高斯函数；

[0094] 步骤206、控制器模块43确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数；

[0095] 步骤207、控制器模块43对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊，变成一个节点，并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点；

[0096] 步骤208、控制器模块43将 K_P、K_I、K_D 作为PID神经网络中PID层的三个节点，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化，使静态参数的 K_P、K_I、K_D 转化为动态调整形式；

[0097] 其中，采用粒子群算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为：

[0098] 步骤A、初始化粒子群的位置和速度，将粒子群中每个粒子的位置表示为PID神经网络中当前迭代中的权值，并将种群规模设定为正整数N，将最大迭代次数设定为s；

[0099] 步骤B、根据初始位置和速度产生各粒子新的位置；

[0100] 步骤C、将预测值与实际值的均方差作为适应度函数，计算每个粒子的适应度值；

[0101] 步骤D、对于每个粒子，比较它的适应度值和它经历过的最好位置 P_{id} 的适应度值，当适应度值更好时就更新；

[0102] 步骤E、对于每个粒子，比较它的适应度值和群体所经历的最好位置 P_{gd} 的适应度值，当适应度值更好时就更新；

[0103] 步骤F、根据公式 $V_{id}^{k+1} = V_{id}^{k} + c_1 r_1 (P_{id}^{k} - X_{id}^{k}) + c_2 r_2 (P_{gd}^{k} - X_{id}^{k})$ 和公式 $X_{id}^{k+1} = X_{id}^{k} + V_{id}^{k+1}$ 调整粒子的速度和位置；其中，V_{id}^{k} 为第i个粒子在k次迭代中第d维上的速度，V_{id}^{k+1} 为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的速度，c_1 和 c_2 均为学习因子，r_1 和 r_2 均为介于0,1的随机数，X_{id}^{k} 为第i个粒子在k次迭代中第d维上的位置，X_{id}^{k+1} 为第i个粒子在k+1次迭代中第d维上的位置，P_{id}^{k} 为第i个粒子在k次迭代中当前搜索到的最优位置，P_{gd}^{k} 为第i个粒子在k次迭代中全局搜索到的最优位置；

[0104] 步骤G、当达到最大迭代次数时结束迭代，否则返回步骤B继续迭代执行，将结束迭代后的全局最优位置 P_{gd} 的解确定为最优的PID神经网络的权值；

[0105] 步骤209、PID神经网络中的输出层输出对电动机27优化后的控制电压 U^*，并通过

电动机驱动器45驱动所述电动机27。

[0106] 具体实施时，$U^{*}=K_{P}e_{i}+K_{I}\Sigma e_{i}+K_{D}[e_{i}-e_{i-1}]$，其中，$e_{i}$为第i次采样时的偏值，$e_{i-1}$为第i-1次采样时的差值，i为采样序号，i的取值为1～N的自然数，N为采样总次数。

[0107] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例，并非对本发明作任何限制，凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化，均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

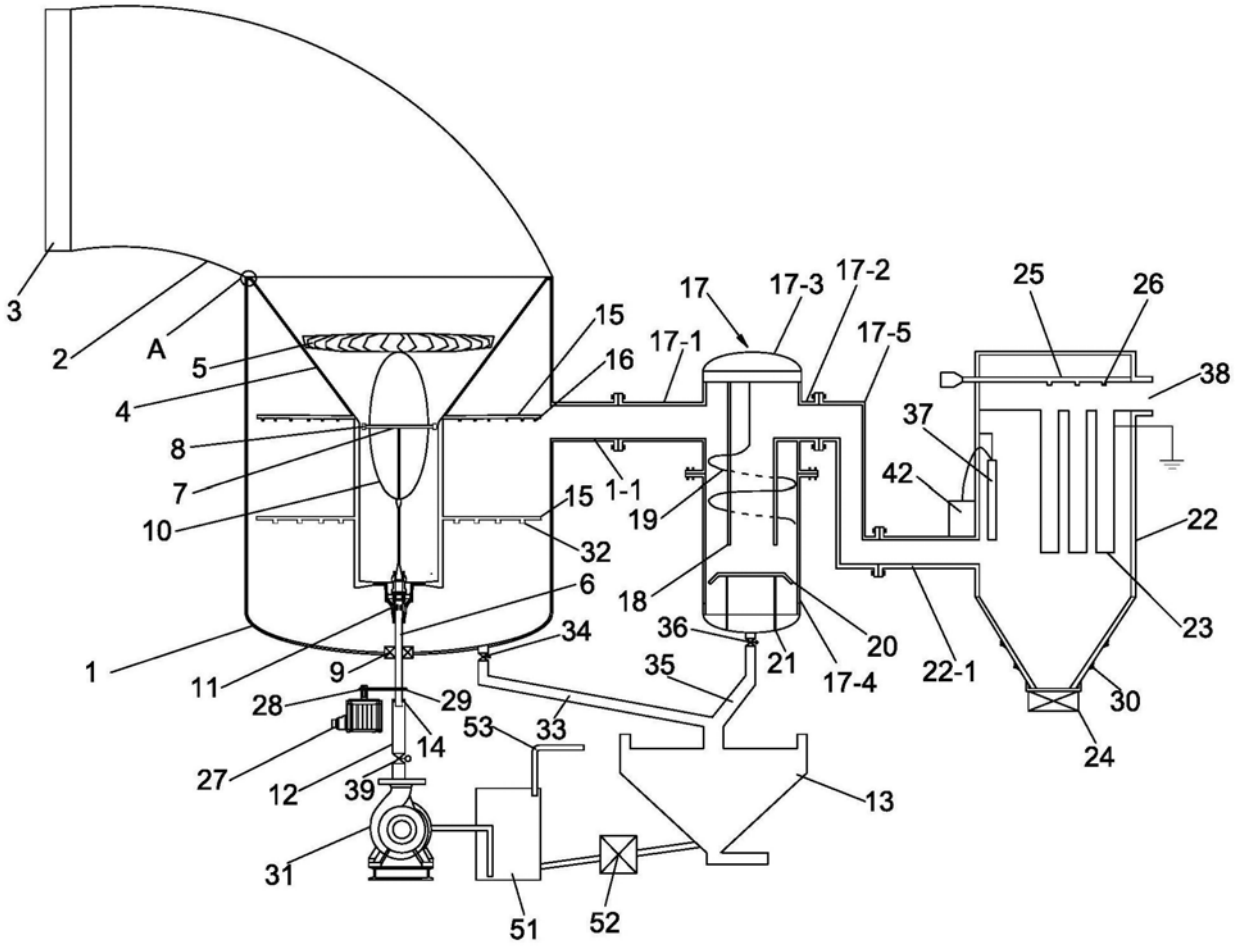

3
2
A
5
4
8
7
10
1
11
9
28
29
14
27
12
39
31
51
52
53
33
34
6
32
15
16
15
1-1
17
17-1
17-3
17-2
17-5
19
18
36
35
21
20
17-4
22-1
25
26
38
37
42
22
23
30
24
13

图1

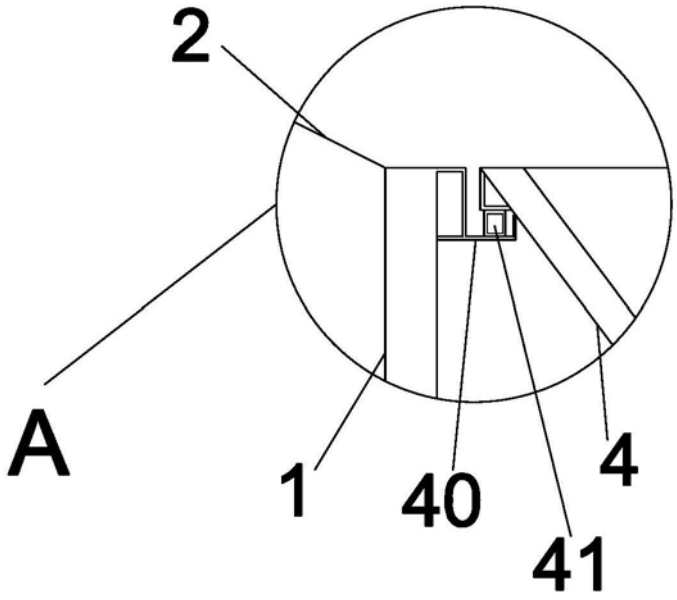

2
A
1
40
41
4

图2

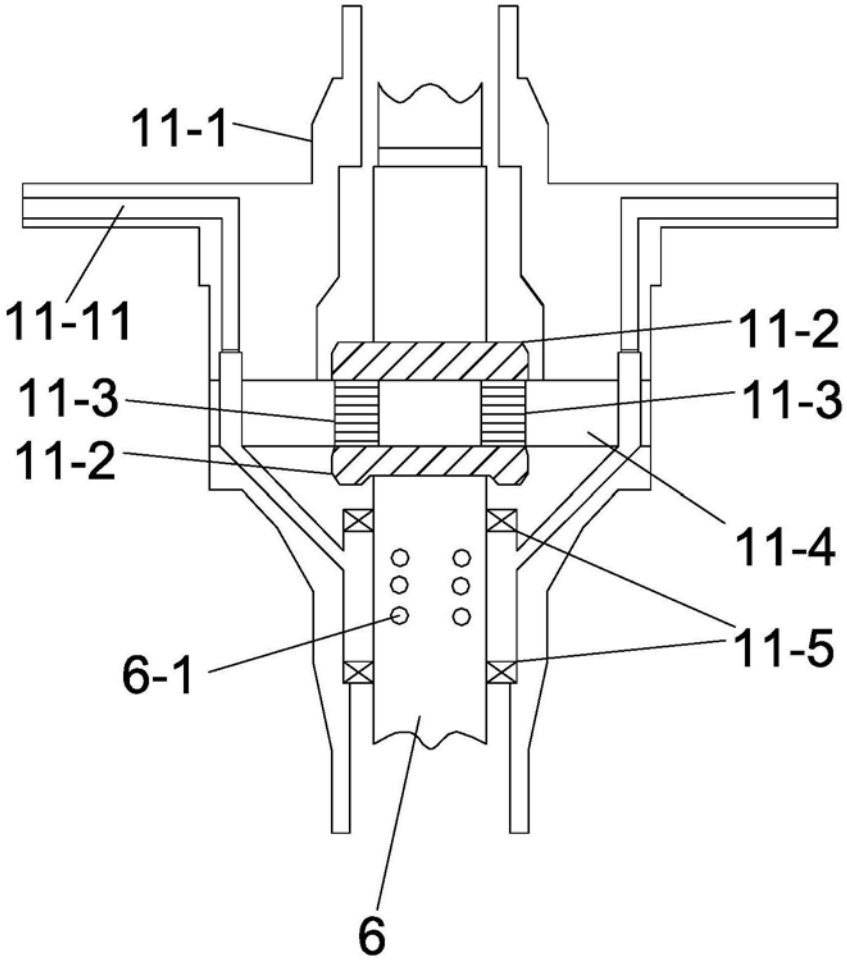


图3

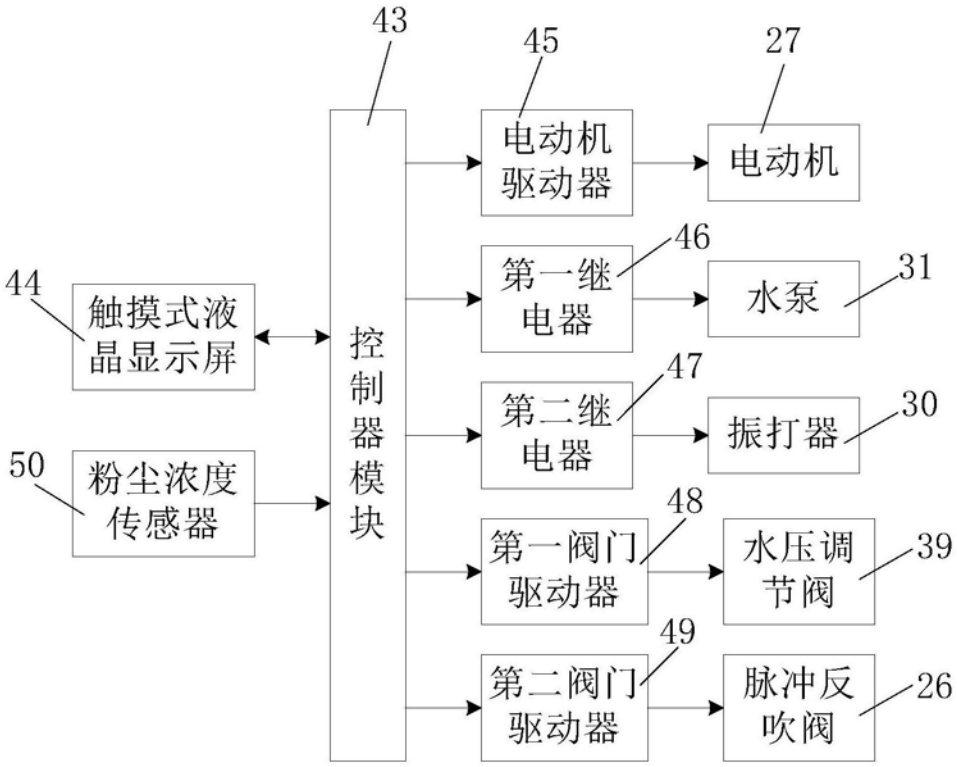

43
45
27
电动机驱动器
电动机
46
第一继电器
水泵
31
44
触摸式液晶显示屏
47
第二继电器
振打器
30
50
粉尘浓度传感器
控制器模块
48
第一阀门驱动器
水压调节阀
39
49
第二阀门驱动器
脉冲反吹阀
26

图4