

JXZD- 400 型井下移动式

碳分子筛制氮车的研制

煤科总院重庆分院 王长元

温州瑞气机电有限公司 陈孝通

摘 要 介绍了 JXZD- 400 型井下移动式碳分子筛制氮车的研制(配套设备的
选择研制和成套设备的布置)、制氮原理、工艺流程和技术经济指标及应用效果。

关键词 注氮灭火 碳分子筛 变压吸附 制氮车 卧式吸附器 并联流程

为满足煤矿注氮防灭火选择氮气源设备的需要,煤科总院重庆分院、温州瑞气机电有限公司共同制造的 JXZD- 400 型井下移动式碳分子筛制氮车,经过 3a 的研究、试制、改进与提高,通过出厂、现场地面和井下运行考核,达到了用户合同规定的要求。已通过煤炭部科教司组织的技术鉴定认为:该制氮车将吸附器由立式变为卧式,并采取了防分子筛喷出的特殊结构和并联流程,解决了碳分子筛制氮技术难题,为矿井防灭火,火灾时期抑爆救灾提供了性能优良,移动方便,运行可靠的制氮装置,本项成果处于变压吸附卧式制氮技术领域的国际领先水平。

1 设计方案

本项目采用变压吸附技术,常压解吸方式,并联制氮流程,将成套制氮设备的气源、气源净化、制氮、氮气缓冲等部分分别布置在 4 辆矿用平板车上,以满足煤矿井下运输的要求。

主要性能指标

- 氮气产量 ≥400Nm³/h;
- 氮气纯度 ≥97%(无氧含量);
- 起动时间 ≤40min;
- 氮气出口压力 ≥0.3MPa;
- 外形尺寸(长×宽×高) 3.2m×1.3m×1.48m(每辆平板车,不包括高度300mm);

设备型式 井下移动式;

解吸方式 常压。

2 制氮原理

变压吸附碳分子筛制氮是 70 年代发展起来的一项新型空分技术。碳分子筛是以烟煤或硬煤为原料,经过一系列的加工处理使其具有不同吸附特性。

O₂ 和 N₂ 都是非极性分子,两者的分子直径(O₂ 为 2.8Å, N₂ 为 3.0Å)十分接近, O₂ 和 N₂ 在碳分子筛上的吸附等温线也十分接近,碳分子筛对 O₂ 和 N₂ 存在着共吸附的传质过程。碳分子筛又属于速度分离型的吸附剂,当吸附质的性质相差不大时,直径较小的气体分子扩散速度较快,较多地进入碳分子筛的固相。

因为 O₂ 的扩散活化能为 19.68kg/mol, N₂ 为 28.47kg/mol,所以 O₂ 在碳分子筛微孔中的扩散速度要比 N₂ 快数十倍。这样,当空气进入碳分子筛时,分子直径比 N₂ 小的 O₂ 以较快的速度扩散进入炭分子筛的孔道,并优先被选择性吸附。在吸附初始的短时间内, O₂ 迅速富集于碳分子筛颗粒内部, N₂ 未来得及被吸附,在气相中富集。碳分子筛有分离空气中氧氮的作用,主要是依据这两种气体分子在碳分子筛表面扩散速率的差异,即基于位阻——动力效应。

3 制氮流程

制氮车由螺杆压缩机、分水器、粗过滤器、除油器、精过滤器、卧式吸附器组、氮气缓冲罐、电控和仪控组成。

系统流程为: 压缩机提供压力 0.8 MPa 的压缩空气进入分水器、粗过滤器、除油器和精过滤器进行除水、除油和除尘, 得到洁净的压缩空气。

洁净的压缩空气分 3 路: 第 1 路进入气源三联件, 为防爆电磁阀操作管道式气动阀的开和关提供动力; 第 2 路经三通进入特殊的压紧装置; 第 3 路进入氧氮分离系统。当 A 组吸附器处于加压产氮时, B 组吸附器处于减压再生, 可编程序控制器控制 A、B 两组吸附器循环工作, 吸附器产出的氮气进入氮气缓冲罐, 再经流量、压力调节和氮气纯度测定, 输出氮气。

4 配套设备的选择与研制

4.1 气源部分

4.1.1 压缩机及电机

作为煤矿井下使用的空压机必须满足以下条件: 一是压缩机的外形尺寸必须与下井罐笼和井下大巷运输条件相适应; 二是压缩机所配电机必须防爆; 三是压缩机必须是无基础。基于上述要求, 本设计选用了 LGD-20/8 型喷油螺杆压缩机, 并将原配电机换为 YB315M1-4 矿用防爆电机; 同时对压缩机的高度作了适当的调整, 达到了对外形尺寸的要求。

4.1.2 BQDO-660/132 矿用隔爆型自藕电磁降压起动器

由于压缩机所配电机为 132kW, 考虑到煤矿井下电网的负载能力及电机的起动, 为此, 根据煤矿电气产品的防爆要求, 专门研制了 BQDO-660/132 矿用隔爆型自藕电磁降压起动器。该起动器具有漏电保护、断相保护、过载保护、全压起动、降压起动和压缩机

排气温度超限自动断电等保护功能。

4.2 气源预处理部分

气源的预处理对于变压吸附制氮而言, 无疑是十分重要的。因为压缩空气中存在固有的水分、油分和尘埃, 必须彻底除掉, 才能避免分子筛中毒和提高碳分子筛的使用寿命。常规的处理方法有两种: 一是采取无热再生干燥装置; 二是采取冷冻干燥机。对于本项目的使用对象为煤矿, 无热再生干燥装置也为变压吸附, 所不同之处是用的吸附剂不同而已, 关键是该装置的高度超高, 同时 4 辆矿用平板车又布置不下。冷冻干燥机体积小, 使用效果好, 但其压缩机的防爆问题不便解决。针对上述问题, 专门研制了分水器、粗过滤器、除油器、精过滤器, 构成对压缩空气进行三级过滤处理系统。

4.3 制氮部分

制氮部分主要由卧式吸附器(4 只), 碳分子筛, 管道气动阀, 电磁阀, 可编程序控制器组成。

4.3.1 卧式吸附器

(1) 卧式吸附器是本项目的技术关键, 设计合理与否, 将直接影响主要性能指标。因此, 在大量试验的基础上, 根据矿井所允许的尺寸, 研制了卧式吸附器, 采取重叠布置方式, 将 2 只吸附器分为一组, 装配成并联制氮流程。同时对卧式吸附器采取了防分子筛下沉和喷出的特殊装置和独特的结构。

(2) 气流的均匀性问题

对立式吸附塔而言, 进气从下部进入, 顶部排出, 气流从底部到顶部, 流速比较均匀, 吸附器内的分子筛可得到充分利用。但对于卧式吸附器, 由于分子筛自重因素, 将造成上稀下密, 则气流在吸附器内的均匀性得不到保证, 直接影响分子筛的利用率。为此, 通过多种形式的考察研究后, 对每只吸附器的进气端安设了气流分布器, 使气流在吸附器内均匀地流动。

4.3.2 碳分子筛

碳分子筛是变压吸附制氮的关键。鉴于研制的设备受外形尺寸的限制,为减小设备体积,选用了德国 BF 公司生产的碳分子筛。

4.3.3 气动阀

气动阀是变压吸附制氮中的关键部件。要求不漏气,动作迅速、可靠,寿命长,其质量的优劣直接影响制氮车的运行可靠性。选用瑞气公司自行研制并取得国家专利的 ZSGP 管道式气动阀。

4.3.4 电磁阀

选用中日合作生产的二位五通防爆电磁阀。它的作用是控制管道式气动阀的开和关,使吸附器预先设定的程序工作,从而连续不断地生产氮气。

4.3.5 电控箱

可编程序控制器是制氮车实现自动控制的又一关键性部件。它按预先设定的程序工作,控制二位五通防爆电磁阀,从而使管道气动阀按制氮工艺要求进行自动控制。工艺要求程序控制器的可靠性高,因此选用了日本 KOYO 公司生产的可编程序控制器。

可编程序控制器因不防爆,同时电压又是 220V,不能满足煤矿用电等级。为使其达到下井要求,专门研制了 BXD-660/0.3 矿用隔爆型电控箱。将可编程序控制器装在电控箱内,通过接线腔将各电磁阀控制线接到各个防爆电磁阀上。

4.4 氮气缓冲部分

4.4.1 由于变压吸附制氮本身的原因,在一个周期内,生产出来的氮气压力与纯度存在波动,为尽量减少压力与纯度的波动,工艺上都采用了氮气缓冲罐。

4.4.2 流量计

因防爆要求,选用了玻璃转子流量计来计量氮气流量。

4.4.3 测氧仪

国内外目前测定氮气纯度通常采用测定氮气中氧浓度的方法来间接测定。考虑到防爆要求,选用了 AYJ-91 型矿用氧气测定仪。

5 成套设备的布置

根据淮北矿务局朱仙庄煤矿的要求,本项目将成套制氮设备分别布置在 4 辆矿用平板车上,各个平板车间的气路采用波纹金属软管联接。其具体布置如下。

5.1 气源车

该车由成套 LGD-20/8-X 型喷油螺杆压缩机组成。

5.2 控制车

该车由 BXD-660/0.3 矿用隔爆型电控箱和 BQDO-660/132 矿用隔爆型自藕电磁降压起动器,以及分水器、粗过滤器、除油器、精过滤器组成。

5.3 制氮车

该车由两组共 4 只吸附器(内装分子筛)、管道气动阀、防爆电磁阀和消声器组成。

5.4 缓冲车

该车由氮气缓冲罐、流量计、调压阀和测氧仪组成。

6 性能考察

制氮车样机在淮北矿务局地面和井下进行了运行试验考核。先后对朱仙庄煤矿 2 采区 828-1 工作面、3 采区 831-2 工作面采空区注氮防火;1996 年 6 月又对芦岭煤矿火区注入氮气 $5\,000\text{m}^3$,将火区内 CO 由 $1\,500\text{ppm}$ 降为零。

1996 年 12 月至 1997 年 2 月,先后对朱仙庄矿 3 采区、823-1 与 831-5 超前机巷和 1 采区 831 风巷注氮灭火。该机连续运行了 $1\,700\text{h}$,得出氮气产量 $400\text{m}^3/\text{h}$,纯度 $97.4\%\sim 97.5\%$,起动时间 3min ,氮气出口压力 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 。试验证明:该制氮车运行稳定,性能可靠,灭火效果显著。

7 结论

(1) 首次采用变压吸附制氮技术成功研制出的 JXZD-400 型井下移动式碳分子筛制

瓦斯煤尘爆炸参量前置放大器

煤科总院重庆分院 舒 芬 夏自柱

摘 要 介绍了瓦斯煤尘爆炸参量前置放大器的工作原理、设计特点及应用效果。
关键词 瓦斯 煤尘 爆炸参量 测试 前置放大器 设计

1 概述

煤炭科学研究总院重庆分院拥有一条长896m, 断面积 7.2m^2 , 用于瓦斯煤尘爆炸的爆炸试验巷道和一套瓦斯煤尘爆炸参量测试系统(以下简称测试系统), 该系统主要由爆炸参量测试传感器、前置放大器、信号传输电缆、CS2092 多路高速动态数据采集仪(以下简称数据采集仪)、以及相应软件和打印输出设备等组成。爆炸参量传感器检测到的信号, 经前置放大器放大后, 直接由电缆输入到地面的数据采集仪进行数据记录和处理, 因此, 前置放大器是测试系统的一个重要组成部分, 本文就爆炸参量前置放大器的工作原理、设计特点与应用效果作一概述。

2 工作原理

瓦斯煤尘爆炸参量前置放大器的原理框图如图 1 所示。其中主要包括一路离散量(可串行输出亦可并行输出), 两路模拟量, 以及自检电路、稳压电源电路等。

当离散量传感器接收到信号后, 即有一

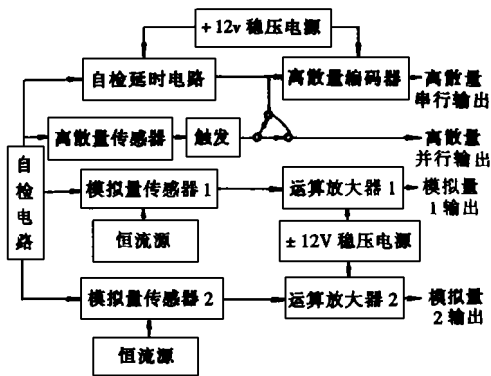


图 1 前置放大器原理框图

正跳变脉冲输出, 该脉冲经反向器反向后, 触发单稳态电路, 使振荡器开始振荡, 由脉冲控制器的编码控制输出的脉冲个数。以火焰信号为例, 如果使第一路火焰信号编码输出一个脉冲, 第二路火焰信号编码输出两个脉冲, 第三路火焰信号编码输出三个脉冲, 依次类推即可将不同位置的每一个火焰信号编成可识别的编码。由于在试验巷道中火焰是由爆

氮车, 通过性能考核, 其主要技术指标达到设计要求, 具有运行稳定、性能可靠的特点, 为我国煤矿防灭火提供了新型氮气源设备。
(2) 在广泛吸取国内外变压吸附碳分子筛制氮工艺流程的基础上, 结合煤矿井下特点而进行的优化设计, 具有技术上的先进性和经济上的合理性。本课题成功地解决了变

压吸附制氮的地点由地面变为井下; 吸附器由立式变为卧式, 并采取了合理的气流分布器; 卧式吸附器进出气端防止喷分子筛的独特结构, 防止分子筛下沉的特殊装置; 首次采用并联制氮流程等关键性技术。
(责任编辑 唐自强)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Stability Control of Rocks Surrounding Gateways in Coal Mines by Using Neural Network — Artificial

neural network methods are applied to two distinct aspects of stability control of rocks surrounding gateways in a coal mine.

One is host rock classification and support selection by means of self adapting, learning and associating in BP(Back Propagation) algorithm. The other is prediction of the likely future deformations of gateways through two-level neural network. And the network outputs are in a close agreement with the measured data.

Research on the Precision of Ventilating Resistance Measured by the Method of Total Pressure Difference

— Total pressure difference method was proposed to measure mine ventilating resistance based on the advantages of total pressure pipe such as easy operation and high precision. The measuring precision was studied according to errors in velocity pressure sensed by total pressure difference method and precision comparison between total pressure difference method and pressure difference gauge in measuring velocity pressure difference. Practice demonstrated that the total pressure difference method was reliable in measuring ventilating resistance with high accuracy.

Study on the Application of an Underground Radio Technique

— The Study is presented on the application of an underground radio technique to detect fire source in gobs in this paper, and a brief description of the operation principle, performance, technical data and test results is also given for the Type KHT8500 detection system to locate fire source in mine gobs.

Research into Detection of Geological Structure by Geophysical Prospection Method

— In Liuqiao No. 2 Mine the buried condition of coal deposit is very poor with developed fracture structure and complicated hydrogeological condition. Based on comparison and analysis of several underground geophysical prospecting units of foreign countries and home made, two methods were selected for experimental geological prospecting and some technical problems in the process of prospecting were peobed.

Experiments on the Affection of Temperature on Permeability Coefficient of Coal Samples

— The affection of temperature and effective stress on permeability coefficient of Coal Samples are studied through experiments of seepage in coal sample under conditions of variable temperatures. On the basis of the experimental data, the permeability coefficient K and temperature t , the regression equation of permeability coefficient K and effective stress σ are obtained and the relationship curves of $K - t$, $K - \sigma$ are plotted. As a result, a comprehensive equation is derived for K , t and σ .

Type WGC Admeasuring Apparatus for Parameters of Gas drainage Pipeline

— The paper deals with the structure, working principle, performance, features and test of Type WGC admeasuring apparatus for parameters of gas drainage pipeline. As a portable and intrinsically safe unit of mine use, it can measure and monitor negative pressure, temperature, concentration and flow quantity of gas flow within the gas drainage pipeline underground or in the surface pump station with features of small size, light weight, high automation and stable performance. All the performance indexes coincide with the standards issued by the Coal Industry Ministry.

New Type drill with Auto-varying Diameter Reaming

— The most popular method to prevent outburst for outburst-prone seam without protective seam on go drill boreholes to drain methane. The effect will be more significant with holes' diameter enlarged. BZ150-11 drilling tool with auto-varying diameter, reaming can drill holes with small diameter, ream while withdrawing and automatically contract in holes so as to attain the goal of outburst prevention.

Development of JXZD-400 Undergroynd Mobile Nitrogen generator with Carbon Molecular Sieve

— This paper presents the development of JXZD-400 underground mobile nitrogen generator with carbon molecular sieve (the selection and development of associated devices and arrangement of the whole equipment), including the nitrogen generation principle, technological process, technical and economic index and the application results.