



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111693731 B

(45) 授权公告日 2021.11.26

(21) 申请号 202010584429.5
 (22) 申请日 2020.06.23
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111693731 A
 (43) 申请公布日 2020.09.22
 (73) 专利权人 中煤科工集团重庆研究院有限公司
 地址 400039 重庆市九龙坡区二郎科城路6号
 (72) 发明人 于庆 李涛 罗前刚 但强
 莫志刚 马勤勇 柏思忠 李军
 孙世岭 张远征 曾少华
 (74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275
 代理人 赵荣之
 (51) Int. Cl.
 G01P 5/24 (2006.01)
 (56) 对比文件
 US 2016313160 A1, 2016.10.27
 CA 2329937 A1, 2002.03.15
 KR 20120094791 A, 2012.08.27
 WO 2016142071 A1, 2016.09.15

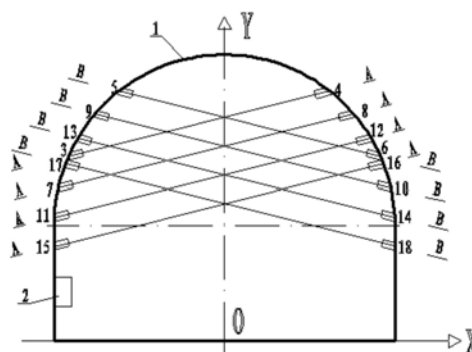
US 6089104 A, 2000.07.18
 WO 2005093380 A1, 2005.10.06
 GB 0617794 D0, 2006.10.18
 US 2017307427 A1, 2017.10.26
 US 2018095104 A1, 2018.04.05
 US 2018010942 A1, 2018.01.11
 Hideki Murakawa.《Evaluation method of transit time difference for clamp-on ultrasonic flowmeters in two-phase flows》.《Experimental Thermal and Fluid Science》.2019,
 姜燕丹.《基于模型的超声波渡越时间测量方法研究》.《工程热物理学报》.2015,
 张庆华;.《我国矿井通风技术现状及智能化发展展望》.《煤炭科学技术》.2020,
 岳晓庚.《基于声学技术的矿井风速测量系统设计》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技I辑》.2020,
 Jin-min Liang.《Calibration of a thermal MEMS shear stress sensor array》.《2012 Symposium on Piezoelectricity, Acoustic Waves, and Device Applications (SPAWDA)》.2012,
 审查员 于龙

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称
 一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置及方法

(57) 摘要
 本发明涉及一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置及方法,属于矿井通风检测技术领域。该装置包括超声波主机和超声波探头,其测量方法为:S1建立声道几何位置关系;S2计算直线平均风速修正系数;S3采用有限元数值模拟方法优化计算修正系数;S4根据步骤S3计算的修正系数计算巷道断面平均流速。本发明优化确定了多个超声波声道几何位置,多声道覆盖对于巷道风速测量更具代表性,解决了风速传感器采用

点式测量测风点位置确定困难、风量测试准确度不够等不足。



CN 111693731 B

1. 一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置,包括超声波主机和超声波探头,其特征在于,所述超声波探头分成A、B两组,A、B两组的超声波探头关于巷道横截断面的轴线呈轴对称关系;每组超声波探头由多对超声波探头组成,每对探头由两个超声波探头组成,分别安装在巷道内部的左右两侧;每对超声波探头的连线相互平行,且与巷道中心线夹角均为 θ ;

该装置的测量方法包括以下步骤:

S1:建立声道几何位置关系:首先,选取巷道测试区间任一横截断面为基准平面,以巷道宽度方向为X坐标轴,以巷道高度方向为Y坐标轴,巷道底面中心为坐标系原点;然后,将每对超声波探头所在直线投影到基准平面几何坐标系;最后,确定直线方程为 $y=kx+(H-H_1)$,其中,H为巷道高度, H_1 为直线与Y轴交点至顶板距离,k为直线斜率;

S2:计算直线平均风速修正系数,具体包括:将任一直线划分成n个点,每个点对应沿超声波传播路径方向为1个路程单位,每个点对应一个风速值v,风速方向沿巷道方向,故每个点对应沿超声波传播路径方向分速度为 $v\cos\theta$,单个点对应超声波传播影响时间为 $t=1/(v\cos\theta)$;

超声波传播总时间为: $t=t_1+t_2+\dots+t_n=1/(v_1\cos\theta)+1/(v_2\cos\theta)+\dots+1/(v_n\cos\theta)$;

超声波传播总路程为: $S=1\times n=n$;

求得沿超声波传播路径方向平均风速为:

$$V_c=S/t=n/[1/(v_1\cos\theta)+1/(v_2\cos\theta)+\dots+1/(v_n\cos\theta)]$$

转换为沿巷道流速方向直线上的平均速度为:

$$V_{\text{直线}}=V_c/\cos\theta=n/(1/v_1+1/v_2+\dots+1/v_n)$$

求得直线平均风速修正系数 $k_x=V_{\text{直线}}/V$,其中V为巷道平均流速;

S3:采用有限元数值模拟方法优化计算修正系数,具体包括:通过优化 H_1 值及斜率k值,且将 H_1 值每间隔 $0.1H$ 设定一对声波探头,分别得出 $2N$ 个直线平均风速修正系数,其中 $N\geq 1$;

S4:根据步骤S3计算的修正系数计算巷道断面平均流速,具体包括:根据每条声道实测出巷道在该条声道传播直线上的实测平均风速 v_x ,然后计算出巷道平均流速为:

$$V=\frac{1}{n}\int_1^n \frac{v_x}{k_x}$$

其中,n取大于0的偶数,x代表声道序号。

2. 根据权利要求1所述的基于超声波原理的巷道断面风速测量装置,其特征在于,所述超声波主机安装在巷道内部。

3. 根据权利要求1所述的基于超声波原理的巷道断面风速测量装置,其特征在于,所述超声波探头均设置在巷道内部且不影响行人通行的高度。

一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于矿井通风检测技术领域,涉及一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置及方法。

背景技术

[0002] 矿井通风的主要作用是为井下工作人员提供所需空气,降低有害气体和粉尘浓度,调节温度和湿度,改善井下工作环境,从而保证井下人员正常工作,防治瓦斯等气体灾害;充足的通风量是矿井生产安全的重要保障,煤矿巷道风速的精确测量也就成为了煤矿安全生产的必要保障之一。

[0003] 当前一般采用机械式风速测量仪、超声波涡街式风速测量仪、皮托管差压式风速测量仪等常规矿用传感器进行风速检测;这类测量方式均为点式测量,对于大断面巷道的风速测量来说,测风点的位置确定比较困难,其传感器选点位置及安装方向产生的误差均会影响风速测量的准确性,对于单点测风或者测风点数目较少时,都会使得风量测试准确度不够。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置及方法,提高对煤矿巷道风速测量的准确度。

[0005] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种基于超声波原理的巷道断面风速测量装置,包括超声波主机和超声波探头,所述超声波探头分成A、B两组,A、B两组的超声波探头关于巷道横截断面的轴线呈轴对称关系;

[0007] 每组超声波探头由多对超声波探头组成,每对探头由两个超声波探头组成,分别安装在巷道内部的左右两侧;每对超声波探头的连线相互平行,且与巷道中心线夹角均为 θ 。

[0008] 进一步,所述超声波主机安装在巷道内部。

[0009] 进一步,所述超声波探头均设置在巷道内部且不影响行人通行的高度。

[0010] 进一步,该装置的测量方法包括以下步骤:

[0011] S1:建立声道几何位置关系;

[0012] S2:计算直线平均风速修正系数;

[0013] S3:采用有限元数值模拟方法优化计算修正系数;

[0014] S4:根据步骤S3计算的修正系数计算巷道断面平均流速。

[0015] 进一步,所述步骤S1具体包括:首先,选取巷道测试区间任一横截断面为基准平面,以巷道宽度方向为X坐标轴,以巷道高度方向为Y坐标轴,巷道底面中心为坐标系原点;然后,将每对超声波探头所在直线投影到基准平面几何坐标系;最后,确定直线方程为 $y = kx + (H - H_1)$,其中,H为巷道高度, H_1 为直线与Y轴交点至顶板距离,k为直线斜率。

[0016] 进一步,所述步骤S2具体包括:将任一直线划分成n个点,每个点对应沿超声波传播路径方向为1个路程单位,每个点对应一个风速值v,风速方向沿巷道方向,故每个点对应沿超声波传播路径方向分速度为 $v\cos\theta$,单个点对应超声波传播影响时间为 $t=1/(v\cos\theta)$;

[0017] 超声波传播总时间为: $t=t_1+t_2+\dots+t_n=1/(v_1\cos\theta)+1/(v_2\cos\theta)+\dots+1/(v_n\cos\theta)$;

[0018] 超声波传播总路程为: $S=1\times n=n$;

[0019] 求得沿超声波传播路径方向平均风速为:

[0020] $V_c=S/t=n/[1/(v_1\cos\theta)+1/(v_2\cos\theta)+\dots+1/(v_n\cos\theta)]$

[0021] 转换为沿巷道流速方向直线上的平均速度为:

[0022] $V_{\text{直线}}=V_c/\cos\theta=n/(1/v_1+1/v_2+\dots+1/v_n)$

[0023] 求得直线平均风速修正系数 $k_x=V_{\text{直线}}/V$,其中V为巷道平均流速。

[0024] 进一步,所述步骤S3中,采用流体力学有限元数值模拟优化 k_x ,具体包括:通过优化 H_1 值及斜率k值,且将 H_1 值每间隔 $0.1H$ 设定一对声波探头,分别得出 $2N$ 个直线平均风速修正系数,其中 $N\geq 1$ 。

[0025] 进一步,所述步骤S4具体包括:根据每条声道实测出巷道在该条声道传播直线上的实测平均风速 v_x ,然后计算出巷道平均流速为:

[0026]
$$V = \frac{1}{n} \int_1^n \frac{v_x}{k_x}$$

[0027] 其中,n取大于0的偶数,x代表声道序号。

[0028] 本发明的有益效果在于:本发明优化确定了多个超声波声道几何位置,多声道覆盖对于巷道风速测量更具代表性,解决了风速传感器采用点式测量测风点位置确定困难、风量测试准确度不够等不足。同时,科学的数值模拟计算出的风速修正系数给巷道平均流速测量计算提供了科学依据。另外,多个声道布置(即超声波探头)均设定于巷道较高区域,避开了人流、设备摆放对风速测量带来的影响。

[0029] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书来实现和获得。

附图说明

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作优选的详细描述,其中:

[0031] 图1为本发明实施例中超声波主机和8对超声波探头在巷道内的安装示意图;

[0032] 图2为本发明实施例中超声波探头沿巷道风速方向的安装示意图。

具体实施方式

[0033] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离

本发明的精神下进行各种修饰或改变。需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0034] 其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本发明的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0035] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0036] 请参阅图1~图2,为一种采用超声波原理测量巷道断面风速的实现方法,包括超声波装置及风速测量计算方法。

[0037] 如图1所示,超声波装置包括布置在巷道壁面1的超声波主机2和超声波探头3~18。

[0038] 超声波探头3与超声波探头4分别安装在巷道内壁,形成1#信号收发声道,记为直线 l_1 ,且直线 l_1 与巷道中心线成一夹角 θ 。

[0039] 超声波探头5与超声波探头6分别安装在巷道内壁,形成2#信号收发声道,记为直线 l_2 ,且直线 l_2 与直线 l_1 呈轴对称关系。

[0040] 超声波探头7与超声波探头8分别安装在巷道内壁,形成3#信号收发声道,记为直线 l_3 ,且直线 l_3 与直线 l_1 平行。

[0041] 超声波探头9与超声波探头10分别安装在巷道内壁,形成4#信号收发声道,记为直线 l_4 ,且直线 l_4 与直线 l_3 呈轴对称关系。

[0042] 超声波探头11与超声波探头12分别安装在巷道内壁,形成5#信号收发声道,记为直线 l_5 ,且直线 l_5 与直线 l_3 平行。

[0043] 超声波探头13与超声波探头14分别安装在巷道内壁,形成6#信号收发声道,记为直线 l_6 ,且直线 l_6 与直线 l_5 呈轴对称关系。

[0044] 超声波探头15与超声波探头16分别安装在巷道内壁,形成7#信号收发声道,记为直线 l_7 ,且直线 l_7 与直线 l_5 平行。

[0045] 超声波探头17与超声波探头18分别安装在巷道内壁,形成8#信号收发声道,记为直线 l_8 ,且直线 l_8 与直线 l_7 呈轴对称关系。

[0046] 风速测量计算方法包括以下步骤:

[0047] 步骤1:建立声道几何位置关系;

[0048] 首先,建立几何坐标系,选取巷道测试区间任一横截断面为基准平面,以巷道宽度方向为X坐标轴,以巷道高度方向为Y坐标轴,巷道底面中心为坐标系原点;

[0049] 然后,将8条直线投影到基准平面几何坐标系;

[0050] 最后,确定直线方程为 $y=kx+(H-H_1)$,其中,H为巷道高度, H_1 为直线与Y轴交点至顶

板距离, k 为直线斜率。

[0051] 步骤2: 建立直线平均风速修正系数计算方法;

[0052] 直线上风速分布分别影响对应超声波声道传播; 由流体力学常识可知, 流体的物理性质包括“流体是连续分布的物质”, 因其介质的连续性, 可将任一直线划分成 n 个点, 每个点对应沿超声波传播路径方向为 1 个路程单位, 每个点对应一个风速值 v (风速方向沿巷道方向), 故每个点对应沿超声波传播路径方向分速度 $v \cos \theta$, 单个点对应超声波传播影响时间 $t = 1 / (v \cos \theta)$;

[0053] 超声波传播总时间为: $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n = 1 / (v_1 \cos \theta) + 1 / (v_2 \cos \theta) + \dots + 1 / (v_n \cos \theta)$;

[0054] 超声波传播总路程为: $S = 1 \times n = n$;

[0055] 求得沿超声波传播路径方向平均风速为:

[0056] $V_c = S / t = n / [1 / (v_1 \cos \theta) + 1 / (v_2 \cos \theta) + \dots + 1 / (v_n \cos \theta)]$

[0057] 转换为沿巷道流速方向直线上的平均速度为:

[0058] $V_{\text{直线}} = V_c / \cos \theta = n / (1 / v_1 + 1 / v_2 + \dots + 1 / v_n)$

[0059] 最后, 求得直线平均风速修正系数 $k_x = V_{\text{直线}} / V$, 其中 V 为巷道平均流速。

[0060] 步骤3、采用有限元数值模拟方法优化计算 k_x 值;

[0061] 为了工程计算中的实用性, 采用流体力学有限元数值模拟优化计算方法。

[0062] 在预设条件中设定 V 值为入口平均风速, 通过设定直线几何位置, 可以模拟计算出直线上若干点的速度分布, 进而求得 $V_{\text{直线}}$ 值, 最后求得修正系数 k_x 值;

[0063] 然后, 通过优化 H_1 值及斜率 k 值, 且将 H_1 值每间隔 0.1H 设定 1 条直线, 分别得出 8 个声道对应风速值修正系数:

[0064] 1#声道直线方程 $l_1: y = 0.24933x + 0.78H$, 修正系数 $K_{x1} = 0.893$;

[0065] 2#声道直线方程 $l_2: y = -0.24933x + 0.78H$, 修正系数 $K_{x2} = 0.893$;

[0066] 3#声道直线方程 $l_3: y = 0.24933x + 0.68H$, 修正系数 $K_{x3} = 0.987$;

[0067] 4#声道直线方程 $l_4: y = -0.24933x + 0.68H$, 修正系数 $K_{x4} = 0.987$;

[0068] 5#声道直线方程 $l_5: y = 0.24933x + 0.58H$, 修正系数 $K_{x5} = 0.941$;

[0069] 6#声道直线方程 $l_6: y = -0.24933x + 0.58H$, 修正系数 $K_{x6} = 0.941$;

[0070] 7#声道直线方程 $l_7: y = 0.24933x + 0.48H$, 修正系数 $K_{x7} = 0.927$;

[0071] 8#声道直线方程 $l_8: y = -0.24933x + 0.48H$, 修正系数 $K_{x8} = 0.927$ 。

[0072] 步骤4: 计算巷道断面平均流速;

[0073] 在实际测量中, 每条声道可以实测出巷道在该条直线上的实测平均风速 v_x , 巷道平均流速表示为 $V = \frac{1}{n} \int_1^n \frac{v_x}{k_x}$, 其中, n 取大于 0 的偶数, x 代表声道序号。

[0074] 最后说明的是, 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明, 本领域的普通技术人员应当理解, 可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而不脱离本技术方案的宗旨和范围, 其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

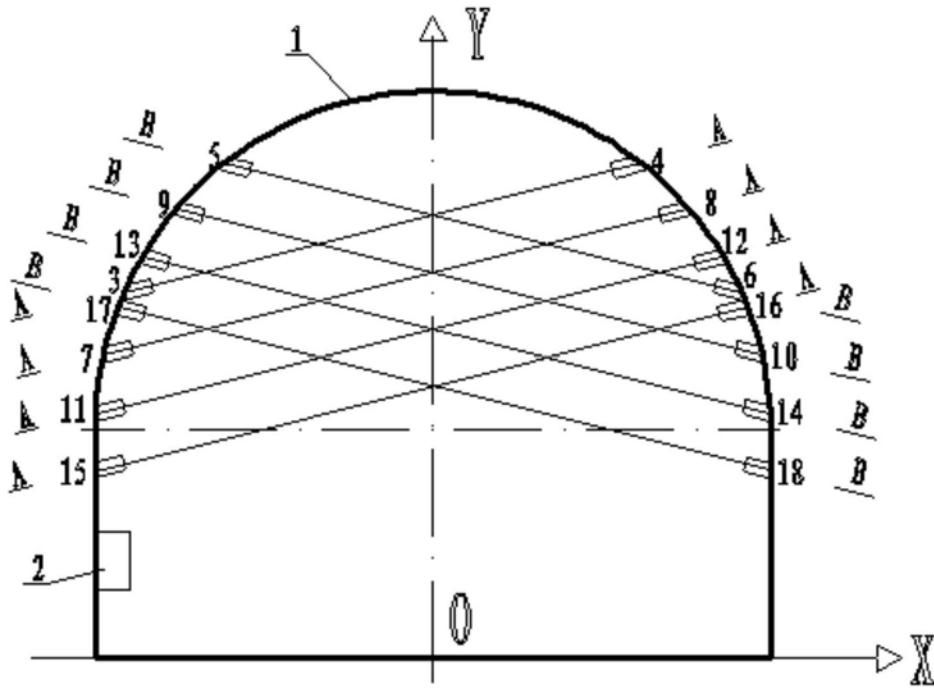


图1

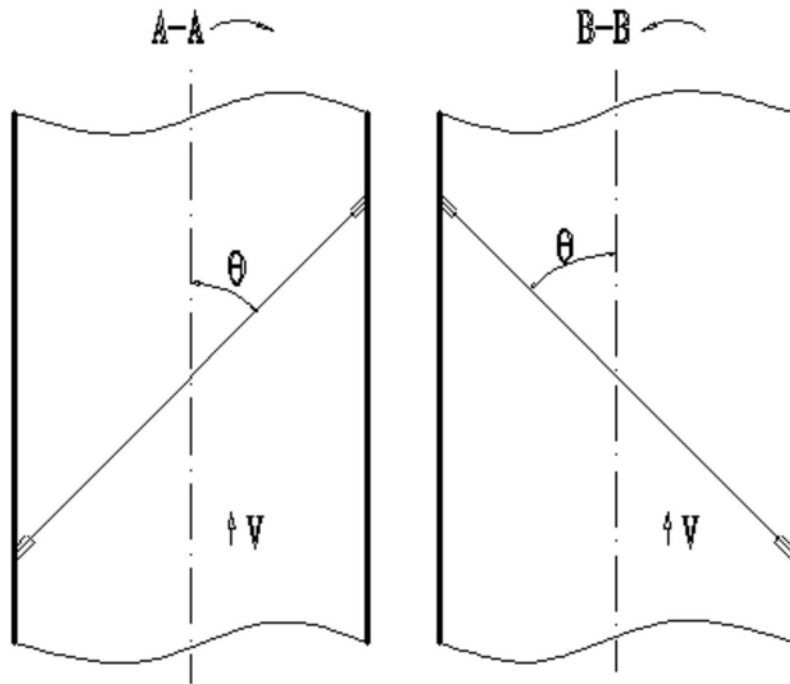


图2