

凡口铅锌矿新南风井除尘技术改造及其应用

罗振江¹, 赵杰²

(1. 凡口铅锌矿, 广东 韶关 512325; 2. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 凡口铅锌矿井下生产过程中产生大量粉尘, 细微粉尘随井下风流排向大气, 污染大气环境, 为实现对新南风井排风进行有组织排放, 凡口铅锌矿结合新南风井排风系统改造, 根据喷雾降尘和共振弦水膜除尘机理, 研发了湿式共振栅除尘系统, 安装在地面风井出风段风道内, 当含尘气流通过该除尘系统段时, 在喷雾作用下, 粉尘被雾滴和共振栅捕集, 经挡水板脱水后, 净化空气排至大气. 改造后, 喷水量为 0.1828 L/m^3 , 喷雾压力为 0.5 MPa 时, 系统的平均除尘效率达到 90.6% , 排放平均浓度为 4.1 mg/m^3 , 节约了井下除尘压缩空气耗电量和排水费用. 有较大的经济效益和环境效益.

关键词: 粉尘; 喷雾; 共振栅; 除尘; 改造

中图分类号: TD714.4 文献标志码: A 文章编号: 1672-9102(2015)01-0026-04

Reconstruction and application of dust removal technology in new south air shaft of Fankou Lead - Zinc Mine

LUO Zhenjiang¹, ZHAO Jie²

(1. Fankou Lead - Zinc Mine, Shaoguan 512325, China;

2. School of Mining and Safety Engineering, Hunan University of science and technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Lots of dust has been generated from the production in Fankou Lead - Zinc Mine. The dust travels along with the exhaust air flow and pollutes the atmosphere. In order to control the dust pollutant from new south air shaft in Fankou Lead - Zinc Mine, it develops the wet vibration fiber grille dust removal system, which is based on mechanisms of spraying and water film dust removal, and combined with the reconstruction of exhaust system. The system is installed in the exhaust shaft of the ground. When the exhausted air passes through the system, the dust in the air will be trapped by droplet and vibration grille, under the function of spraying. The handled pollutant air, dehydrated by water fender, discharges to the atmosphere. After the reconstruction, the average dust removal efficiency of this system reaches 90.6% , emission concentration is 4.1 mg/m^3 , water flow is 0.1828 L/m^3 , and spray pressure is 0.5 MPa . The wet vibration grille dust removal system, which reduced the power consumption and the cost of draining water, is of great economic and environmental benefits.

Key words: dust; spray; vibration grille; dust removal; reconstruction

凡口铅锌矿目前已达到日处理铅锌矿石 5500 t , 年产 180000 t 铅锌金属量的标准^[1], 在采掘、爆破及破碎过程中, 产生大量粉尘, 较细微的尘粒随着回风风流排向大气. 为了降低风井排风中的粉尘浓度, 在井下每个中段回风流中设置安装了简易喷雾降尘系统, 利用液滴与粉尘的碰撞、拦截等作用进行降尘^[2]. 为满足井下回风巷除尘需要, 采用了 1 台功率为 600 kW 的空压机给喷雾加压雾化, 喷雾水源除一部分来自井下水外, 还需从地面补充水源. 原井下喷雾除尘虽取得了一定的效果, 但需从地面补充水源, 增加了排水费用, 喷雾加压空压机能耗大, 同时井下多中段喷雾降尘系统分散复杂, 不便于维护管理, 同时也增加了在回风巷

检修作业的安全风险.为此,针对目前井下除尘存在的问题,研究开发了湿式共振栅除尘技术,改造了新南风井,在新南风井风机出口段对矿井排风流中的粉尘进行了集中净化处理.实践证明,湿式共振栅除尘是一种适用于矿井风井排风口的除尘技术,具有除尘装置简单、除尘效率高、阻力小、能耗低、安装维护方便、便于管理等优点,现场实测数据表明除尘效果好,处理后的排风符合 GB25466-2010 的要求^[3].

1 湿式共振栅除尘技术原理

湿式共振栅风井除尘系统主要由设置在矿井主通风机排风流道中的高压喷雾装置、共振栅除尘装置及脱水装置组成^[4].其除尘流程见图1,其除尘原理见图2.

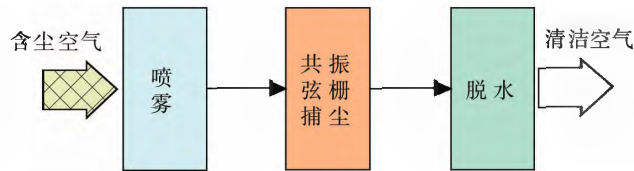


图1 除尘流程

1) 高压喷雾系统由高压水泵、管路及高压喷嘴组成,产生的水雾喷向共振弦栅,其作用是使栅弦间隙形成水膜,更好地与粉尘结合凝并增大,同时在弦栅上形成下降水流,清洗被弦栅捕集的粉尘.

2) 共振栅除尘系统是由一定尺寸的框架和细小直径不锈钢丝纺成中间留有一定间隙的弦栅.弦栅间隙可以简化为直径相等的多个毛细管,水滴在毛细压力的作用下产生毛细管湿润^[5],形成柱状水膜.气流通过静止的弦栅,使水在钢弦上的存在形式发生变化.首先,弦栅之间的水膜在气流的作用下发生变形,水膜的中部变薄,然后水膜被气流冲破,破裂后的水膜在毛细压力的作用下收缩在弦栅表面,弦栅表面覆盖一薄层水膜;弦栅在风流旋涡的影响下产生的振动,同时,气流绕流弦栅时,旋涡脱落频率与钢弦固有频率产生同步效应,导致弦栅共振;当湿润的弦栅产生共振时,弦间隙的形状也发生变化.由于弦栅的振型为正弦波型,弦间隙将大于、等于或小于原来的弦间隙,此时,由于连续喷雾,弦间隙又充满水膜,水膜的形状与弦间隙的形状相同.然后,气流又将弦之间的部分水膜吹破.破裂后的水膜在毛细压力的作用下,在弦栅的弯曲处形成凹液面粘附在弦上,不断捕获凝并粉尘^[6-10].这样,一部分尘粒或尘团被弦栅过滤捕获,吸附在弦栅上的水滴,因自重而下降,形成下降水流,能清洗被弦栅捕集的粉尘.含尘气流通过水雾和弦栅的共同作用而被过滤净化.

3) 脱水系统是采用W型波纹多棱挡水板,弦栅过滤后仍有一部分含尘水雾,需要进行脱水,W型波纹多棱挡水板是采用惯性原理,改变含尘水雾流动方向,尘雾被分离出来,不仅再一次起到了除尘的作用,同时排出的清洁空气不含水雾.

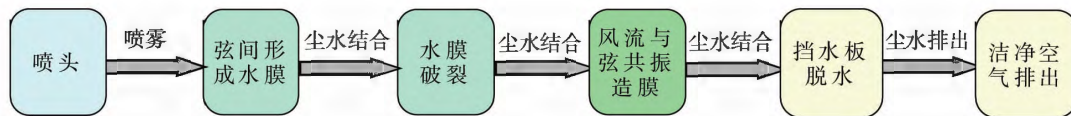


图2 除尘原理

2 湿式共振栅除尘系统设计及制作

凡口铅锌矿新南风井安装了 GAF28-133-1 型轴流风机,风机风量 $220 \sim 260 \text{ m}^3/\text{s}$,全压 $1\ 878 \sim 2\ 527 \text{ Pa}$,额定转速 $985 \text{ r}/\text{min}$,额定功率 1250 kW ,风机采用变频调节,风机排风扩散塔高度 15 m .

湿式共振栅除尘系统设计安装在风机出口段的水平风道内,风道净断面 $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$,设计选用不锈钢 SS-10W 喷头,喷射角度为 120° ,流量 $7 \text{ L}/\text{min}$;共设置喷头 100 个,系统总流量 $42 \text{ m}^3/\text{h}$;共振栅采用不锈钢 304 钢丝纺制,共 100 块;设计采用不锈钢 304 制作 W 挡水板,厚度 136 mm ,共 64 块;根据阻力计算,选用 80GDL-50-20×3 多级清水泵,流量 $50 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 60 m ,配网孔直径为 0.282 mm 的 Y 型过滤器;为了节约用水,修建了 240 m^3 的循环沉淀水池;其湿式共振栅除尘系统设计立面图见图 3.

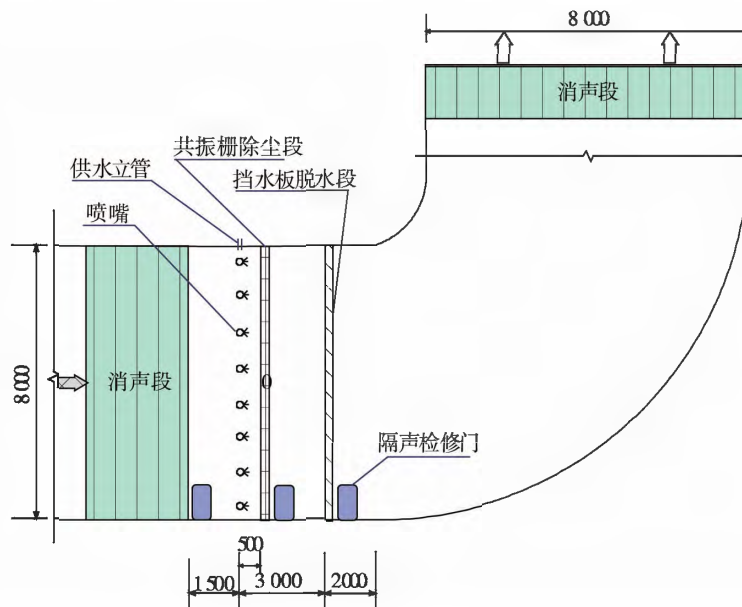


图3 湿式共振栅除尘系统设计立面图

由于井下排风中具有腐蚀性气体,整个风道内的除尘装置构建采用不锈钢 304 材料.安装完成的共振弦栅板及挡水板见图 4 和图 5.



图4 共振弦栅板

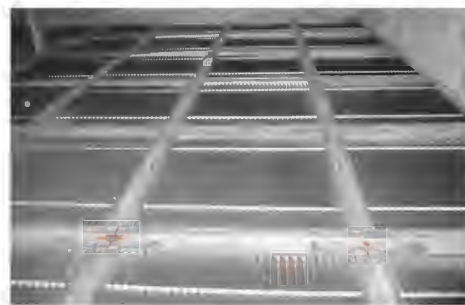


图5 挡水板

3 现场应用效果及其分析

除尘系统安装完成后,对该除尘系统整体性能进行了检测.采用计重法测量除尘装置前后的浓度,计算除尘效率.具体检测方法是在正常生产和通风情况下,先在除尘装置前后用 CCZ-20 型粉尘采样器采集粉尘,然后在 Discover DV215CD 分析天平上称重.其测量原理是:抽取一定体积的含尘空气,将粉尘留在已知质量的滤膜上,由采样后滤膜的增量,计算单位体积空气中粉尘的质量浓度(mg/m^3).

CCZ-20 型粉尘采样器:采样流量 10~25 L/min,固定采样流量误差 $\leq 2.5\%$,负载能力 $\geq 1\,000\text{ Pa}$,粉尘范围为全尘或呼吸性粉尘.

Discover DV215CD 分析天平:精度 0.01 mg 时最大称重 81 g,精度 0.1 mg 时最大称重 210 mg,适用温度范围 10~40 $^{\circ}\text{C}$.

测点选择:选取除尘装置段上风侧 3 m 处为测点 1,选取扩散塔排风出口处为测点 2;测量时,选取多个测点,具体位置按“等面积法”在巷道截面相应选取,再求同一截面所有测点的平均值得出测量值.

湿式共振栅除尘系统的除尘效率按式(1)计算^[2]:

$$\eta = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中, η :除尘效率; c_1, c_2 :除尘前后的粉尘浓度, mg/m^3 .

在除尘装置前后分别采样 6 次,每次采样时间为 10 min,采样流量为 20 L/min,共获得 12 组数据,其中除尘装置前 6 组,除尘装置后(扩散塔出口)6 组,粉尘检测结果见表 1.

经过实际运行,凡口铅锌矿新南风井湿式共振栅除尘取得了较好的除尘效果,除尘装置阻力 210 Pa,除尘装置前的风道检修门渗出的水是黑色,除尘装置后的风道检修门渗出的水则是清水,循环水池的水经

洗涤风流后,明显变黑,有沉淀物,需每周更换 1 次,说明该除尘系统对排风流中的粉尘有净化作用,而且对炮烟有较好的净化作用,见图 6 和图 7。

表 1 粉尘检测结果

测量值	采样点	采气量 /L	采样前滤膜 重量/g	采样后滤膜 重量/g	粉尘增量 /g	粉尘浓度 /(mg/m ³)	平均浓度 /(mg/m ³)	除尘效率 /%
新南测点 1 全尘	1-1	200	0.067 14	0.076 935	0.009 795	48.975	43.9	90.6
	1-2	200	0.065 65	0.072 795	0.007 145	35.725		
	1-3	200	0.067 22	0.076 390	0.009 170	45.850		
	1-4	200	0.066 53	0.074 940	0.008 410	42.050		
	1-5	200	0.068 75	0.078 270	0.009 520	47.600		
	1-6	200	0.065 82	0.074 435	0.008 615	43.075		
新南测点 2 全尘	2-1	200	0.069 08	0.069 990	0.000 910	4.550	4.1	
	2-2	200	0.067 31	0.068 125	0.000 815	4.075		
	2-3	200	0.072 04	0.072 865	0.000 825	4.125		
	2-4	200	0.067 78	0.068 425	0.000 645	3.225		
	2-5	200	0.066 60	0.067 575	0.000 975	4.875		
	2-6	200	0.071 31	0.072 095	0.000 785	3.925		



图 6 除尘装置前段流出的污水



图 7 循环水池的污水

该套除尘系统投入使用后,可以取消井下回风巷的简易除尘设施,减轻了维护,杜绝了维护作业的安全风险,由于无需空压机供风,节能效果十分明显,年节电超过 400×10^4 kWh,260 多万元。

4 结论

1) 凡口铅锌矿由于井下爆破、采掘、转载及破碎过程中矿井风井排风口有大量的炮烟排出,污染环境,需进行净化。

2) 矿井风井排风量大,不适宜采用其它阻力大的除尘方式,湿式共振栅除尘装置安装在地面,维护方便,阻力小,平均除尘效率达 90.6%,排空平均浓度为 4.1 mg/m^3 ,符合国家《铅、锌工业污染物排放标准》,节约了井下除尘压缩空气耗电量和排水费用,有较大的经济效益。

参考文献:

- [1] 练伟春. 凡口铅锌矿矿井通风系统评价与改造研究[D]. 长沙:中南大学,2002:9.
- [2] 卢海珠. 喷雾降尘在凡口铅锌矿的应用[J]. 工业安全与环保,2002,28(9):35-36.
- [3] 国家环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB25466-2010,铅、锌工业污染物排放标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
- [4] 王海桥,陈世强,潘高峰,等. 一种湿式共振栅风井排风口除尘装置[P]. 中国:ZL201220549197.0,2013.03.27.
- [5] Bear J. 多孔介质流体动力学[M]. 李竞生,陈崇希,译. 北京:中国建筑工业出版社,1983.
- [6] 刘晓燕,亢燕铭,张健. 湿式除尘中液滴特性对粒子捕集效率的影响[J]. 建筑热能通风空调,2012,31(6):44-47.
- [7] 杨静,谭允祯,伍修锟,等. 煤尘润湿动力学模型的研究[J]. 煤炭学报,2009,34(8):1105-1109.
- [8] Kuznetsov S I, Mikhailik V D, Rusanov S A. Modeling of the hydrodynamics of a cyclonic rotational dust collector of increased efficiency[J]. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2012,85(2):349-355.
- [9] Li Q Z, Lin B Q, Zhao S, et al. Surface physical properties and its effects on the wetting behaviors of respirable coal mine dust [J]. Powder Technology, 2013,233(1):137-145.
- [10] 葛世友. 高压喷雾湿式纤维栅除尘技术研究及应用[D]. 北京:北京科技大学,2007:21-26.