

节能减排

锌电解车间通风方案分析

阴世超

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 锌电解车间生产过程中有大量酸雾、水蒸气产生, 车间环境恶劣。本文介绍了目前锌电解车间采用的自然通风、机械通风-屋顶冷却塔排风技术的局限性, 基于酸雾的运动特性, 以实例着重对比了机械通风-涡旋通风、机械通风-下排风通风新技术的原理、优缺点, 并根据实际情况给出通风方案选择的建议, 提出改善车间环境的新思路。

[关键词] 锌电解; 车间通风; 机械通风; 涡旋通风; 下排风; 酸雾

[中图分类号] TF813 [文献标志码] B [文章编号] 1008-5122(2021)06-0010-05

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.06.003

Analysis of Ventilation Scheme for Zinc Cell House

YIN Shi-chao

Abstract: During the production process of a zinc cell house, a large amount of acid mist and water vapor are generated, and the environment in the plant building is harsh. This article introduced limitations of the natural ventilation technology and mechanical ventilation-top cooling tower exhaust ventilation technology currently used in zinc cell houses. Based on the motion characteristics of acid mist, the principles, advantages and disadvantages of the various ventilation schemes such as mechanical ventilation-vortex ventilation, mechanical ventilation-down exhaust ventilation were emphatically compared with examples. According to the actual situation, suggestions for the selection of ventilation schemes were given, and new ideas for improving the workshop environment were put forward.

Key words: zinc electrolysis; plant building ventilation; mechanical ventilation; vortex ventilation; down exhaust; acid mist

0 前言

电解是将电流通过电解质溶液(又称“电解液”)或熔融态电解质,在阴极和阳极上引起酸根离

子、金属离子的氧化或还原反应,从而使金属在阴极上析出的过程。大宗有色金属如铜、铅、锌、镍、钴均采用电解作为精炼工艺,称作电解精炼。锌电解液为硫酸锌溶液,含酸量为 100 ~ 150 g/L,电解液温度为 35 ~ 40 °C。锌电解过程中,电极上释放氧气和氢气,这些气体会携带少量电解液散发至室内空气中,形成硫酸雾,导致室内环境恶劣。为此,通风方式的选择尤为重要。本文对比当下主流通风方案的优缺点,着重介绍了涡旋通风方案,提出了改善车间工作环境的新思路。

[收稿日期] 2021-05-25

[作者简介] 阴世超(1986—),男,河北衡水人,硕士,中级工程师,主要从事有色冶炼与公共建筑等领域的暖通设计工作。

[引文格式] 阴世超. 锌电解车间通风方案分析[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(6): 10-14, 18.

1 酸雾的产生

锌电解液的主要成分是硫酸锌、硫酸和水,电解过程总反应方程式如下:



由锌电解过程化学反应式可知,锌电解过程中,酸量会增加,但实际生产中不但不会产出多余的酸,还需要补充硫酸(在其他车间)。可以认为电解过程增加的部分硫酸以及生产补充的硫酸均以废水、废气、固废等污染物的形式排出生产系统之外。

目前还难以确切计算出锌电解过程中散发的酸雾量。一般在电解液表面加上一层覆盖物,使之在电解过程中形成一层泡沫层,有效阻挡酸雾的散发。《重有色冶金企业采暖通风设计参考资料》中酸雾产生量见表1。

表1 电解槽不同位置酸雾产生量

序号	空气中硫酸雾滴浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		备注
	加覆盖物	未加覆盖物	
1	0.008 7	0.035 6~0.044	在电解槽面测定,加皂角素
2	0.004 3	0.021 6~0.054	电解槽面上1.5 m处,加皂角素
3	0.006 8	0.035 8	电解槽面上0.5 m处,加塑料粒
4	0.020 0	0.038 8	电解槽面上0.5 m处,加皂根
5	0.003 4~0.004 2	0.018 2~0.024 1	电解槽面上0.5 m处,加苯酚和洗涤剂

从表1可以看出,在电解槽面加覆盖物可以大大减少酸雾的产生。根据相关资料^[1]介绍,不加覆盖物,生产每吨锌的酸雾挥发量为750 g;加覆盖物后,生产每吨锌的酸雾挥发量为12.5 g。铜电解、铅电解车间一般出板频率为1次/周,而锌电解车间出板频率较高,大概为1次/d,故溶液循环量较大,酸雾挥发量也比较大,车间环境很差,对工人的身体健康造成很大的威胁,问题突出,亟需解决。

2 锌电解车间通风技术现状

2.1 自然通风

2000年前,设计的大部分锌电解车间采用自然通风的方式——低侧窗进风,天窗排风,车间多为开敞式。由于锌电解车间散发热量少,热压不大,自然通风在很大程度上是依靠风压的作用。采用自然通风的车间,电解槽尽量单排布置,采用单跨建筑,最

大限度地利用穿堂风。

自然通风虽然投资较低,运行管理简单,但是可靠性和稳定性较差,车间内的酸雾浓度难以达到卫生标准的要求。

目前这种通风方式基本已经很少采用,主要原因有二:一是现在的电解车间规模较大,都是多跨设计,房间进深较大,自然通风很难满足要求;二是基于环保要求,在自然通风的作用下,污染物大部分排至室外,且未经净化,导致全厂环境较差,在当下环保压力下,这种方式很难再采用。

2.2 机械通风—屋顶冷却塔排风

机械通风是目前最流行的通风方式,利用工艺冷却塔排风,冷却塔设在车间两端,排风口设在屋顶,屋顶设玻璃钢风管,风管接至冷却塔风机入口。一般换气次数可达到24次/h。

屋顶冷却塔排风的通风方式比自然通风效果好,室内环境得到了相应的改善,而且利用工艺原有冷却塔,只需加大冷却塔轴流风机的风压,设备的投资变化不大。

屋顶冷却塔排风在一定程度上改善了车间环境,但由于冷却塔风机压力不足,酸雾质量较重等问题,室内环境仍需要改进^[2]。

3 锌电解车间通风新技术

3.1 机械通风—涡旋通风

涡旋通风方式是对屋顶冷却塔通风方法的一种改进,在不改变屋顶通风的情况下,在电解槽四周增加涡旋通风,进一步改善室内环境。

3.1.1 酸雾的运动特性

硫酸液滴和一般气态污染物的运动特性存在差异。酸雾在电解槽附近产生,粒径和密度较大。液滴因受到重力作用不像气态污染物那样对气流有很好的跟随性。硫酸液滴对气流的跟随性和液滴的粒径相关,粒径越大,液滴对气流的跟随性越差。液滴在竖直方向的运动速度和气流运动速度存在差异。液滴粒径与沉降速度的关系如图1所示。分析发现,粒径为10 μm 的液滴沉降速度为0.003 m/s,粒径为50 μm 的液滴沉降速度则接近0.1 m/s。通过分析锌电解过程中产生的液滴的粒径分布特性发现,大粒径液滴的沉降速度与槽面上热气流的上升速度(0.2~0.3 m/s)接近。因此硫酸液滴喷射进入环境中并跟随热气流上升的距离有限。由于液滴很难上升,其在槽面附近停留的时间较长,而槽面附近

的相对湿度较高,抑制了液滴的蒸发作用,使得液滴较长时间保持在大粒径状态。

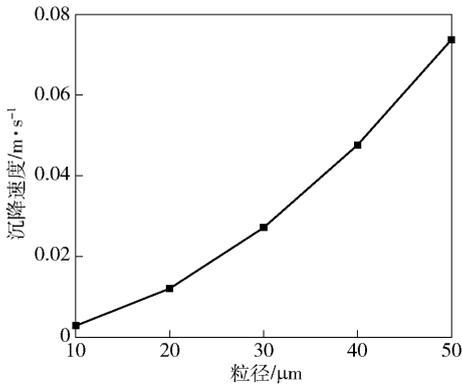


图1 液滴粒径与沉降速度的关系

同时,槽面附近的液滴因为羽流的扩散作用、液滴的湍流扩散作用或干扰气流作用会水平扩散,从而对工作区工人身体健康产生危害。

3.1.2 涡旋通风

屋顶通风的排风口与电解槽的距离约为 10 m。根据流体力学汇流原理,在距离排风口一倍排风口直径距离时,排风速度衰减到最大排风速度的 10% 左右。由于排风速度在垂直方向上迅速衰减,电解槽附近排风的作用几乎为 0。这就导致污染物大多

聚集在电解槽周围的走道区域,不利于工人操作,环境很差,严重损害工人的身体健康。

基于上述原始通风系统中存在的排风口距离污染源位置过远、污染物在房间下部滞留的问题,提出一种新型涡旋通风方案。该方案基于龙卷风、尘卷风等柱状空气涡旋原理,利用柱状空气涡旋对污染物捕集效果好、污染物传输距离远等优势,通过在电解槽两侧设置角动量送风装置,配合屋顶排风口,在厂房内实现“人造龙卷风”,有效地将沉积于房间下部的污染酸雾卷吸到屋顶排风口处排出室外^[3]。

以河南某项目为例,对车间电解槽进行分区控制,每跨电解槽设置两组方向相反的涡旋通风子系统(整个车间共计 8 组涡旋通风子系统),将槽面散发的污染物汇聚并沿涡管输送至屋顶排风口,屋顶排风口的高度同样高于行车,整个车间的涡旋通风示意图如图 2、图 3 所示,各组涡旋通风子系统之间互不影响。其中每组涡旋通风子系统中空气涡旋的形成依赖于电解槽两侧走廊旁布置的 4 个送风口,每个送风口宽 2.25 m,高 1 m。为了使送风能够以涡旋流动的形式进入污染物控制区内生成涡旋,各个送风口送出的风具有一定的角度。由于涡旋控制区为长方形(10.9 m × 16 m),因此送风口 2 和 4 采

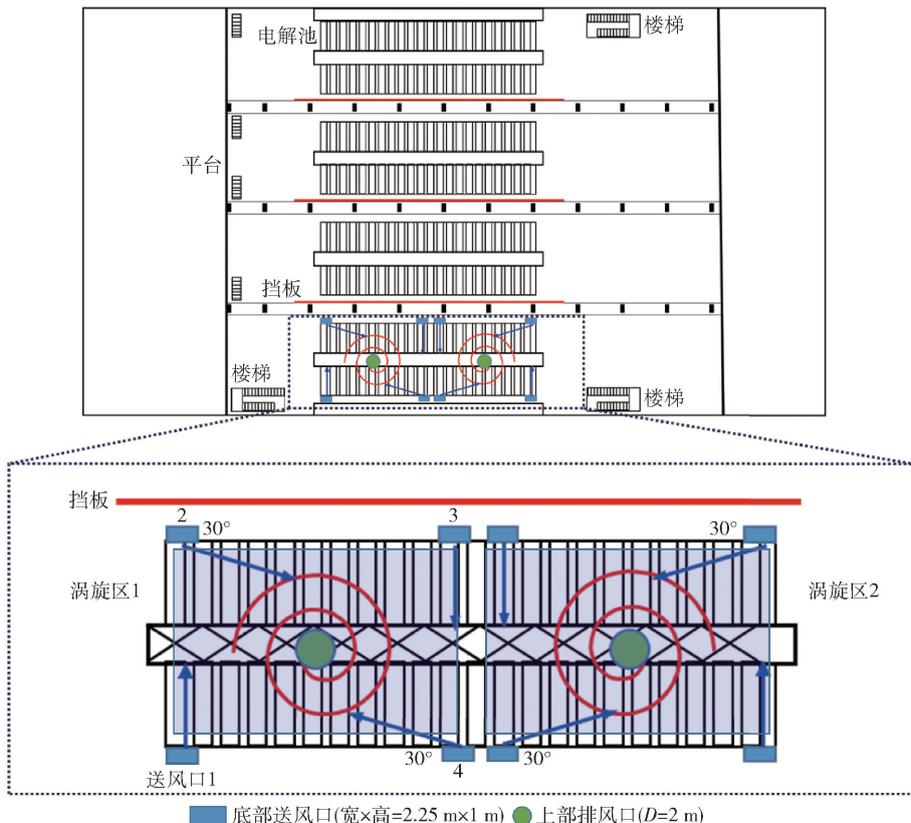


图2 涡旋通风俯视图

用30°角斜吹的方式,送风速度为7 m/s;送风口1和3采用垂直送风的方式,送风速度为3.5 m/s。送风口的送风可用大尺寸工业风扇+均流百叶实现。

为了保证各组涡旋之间互不干扰,在两跨之间设置高约5 m的轻质隔断墙(薄木板、铁皮等材质均可)。

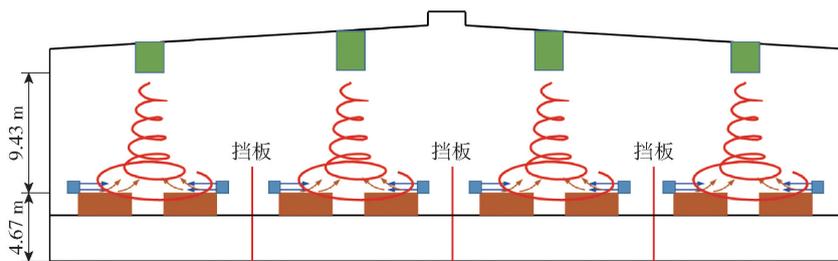


图3 涡旋通风侧视图

应用涡旋通风方案时,室内单跨局部的工作区位置污染物浓度分布如图4所示。使用涡旋通风方案后,电解槽释放的污染物被送风形成的涡旋汇聚在槽面控制区内,随涡旋气流直接被输运至屋顶排风口排出。与原屋顶冷却塔排风方式相比,涡旋通风方案可有效降低工作区内污染物浓度、减少污染物在室内的滞留量和滞留时间,有效提升通风系统性能,并有望降低总排风量、节约能耗。

解物料越来越复杂,杂质越来越多,只用冷却塔洗涤已经不能满足环保要求,车间尾气需要通过酸雾净化塔洗涤方可排放。

基于酸雾的物理性质,在不受任何外力的情况下,酸雾会沉积在车间下部,因此提出下排风的方案。在车间两侧设置酸雾吸收塔,尾气经过酸雾吸收塔净化后达标排放。

图5为江西某锌电解车间的剖面图。该方案的主要特点是将电解槽下方做成一个静压箱,走道与电解槽中间设5 mm缝隙,空气从缝隙中被吸进静压箱内,形成空气幕,阻止酸雾向走道蔓延,使酸雾顺利进入风管,排至酸雾净化塔内^[4]。排风换气次数约为35次/h,电解槽走道设封闭式盖板。另外在电解槽面高约3 m处设送风系统,形成一道空气幕,阻止酸雾上升。送风、排风双管齐下,使电解槽走道板的位置形成一个小气候,制造一个较为舒适的环境。

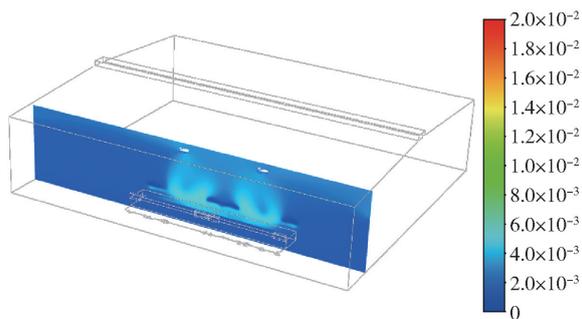


图4 涡旋通风作用下室内某一跨电解车间内的污染物相对浓度分布

通过对比涡旋通风方案与原始设计屋顶冷却塔排风方案,可以发现在排风量相同的情况下,采用涡旋通风方案,槽面散发的污染物被涡旋聚集在控制区内,有效解决了污染物向车间四周扩散的情况。同时平台工人工作区以及电解槽两端走廊的污染物浓度明显降低,保障了工作人员的安全。除此之外,使用涡旋通风方案需在电解槽周围设置角动量送风装置,配合屋顶排风实现涡旋通风效果,不会大幅提高初期投资。且涡旋通风方案设备占地面积小,不影响工人及行车正常生产操作。同时,涡旋通风有望在保证室内环境的情况下,进一步降低排风系统总风量,实现降低通风量、节约能耗的目的。

3.2 机械通风—下排风

随着各地环保要求越来越高,加之现阶段锌电

3.3 酸雾净化

酸雾净化用设备主要有填料塔、喷淋塔、鼓泡塔、湍球塔等,如图6^[5]所示。

填料塔塔体内设置了几层填料,增加了喷淋液与气体的接触时间,提高了净化效率。喷淋塔一般配有3~6个喷淋联管,每个联管装有10~50个喷嘴,进入吸收塔的酸性气体可以与喷淋液紧密接触,回落的喷淋液经过循环泵增压循环喷淋。鼓泡塔主要原理是气体通过喷射分配器以一定压力进入吸收液,鼓泡区中的气泡不断生成,提高净化效率,但是技术难度较大,适应酸雾浓度较高的尾气^[6]。中和液一般选2%~6%的NaOH溶液,溶液浓度不能过高或过低。如果溶液浓度过高,尾气中会产生粉末状物质;如果浓度过低,中和液更换过于频繁,增加后期水处理成本。

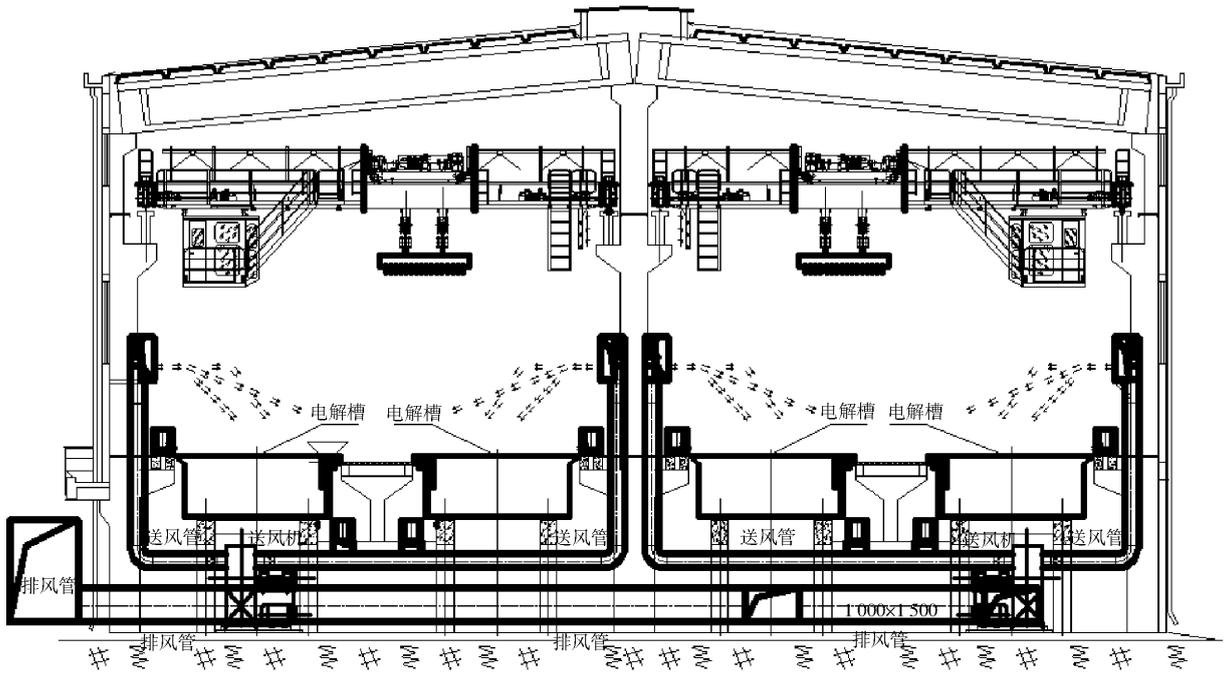


图5 车间下排风剖面图

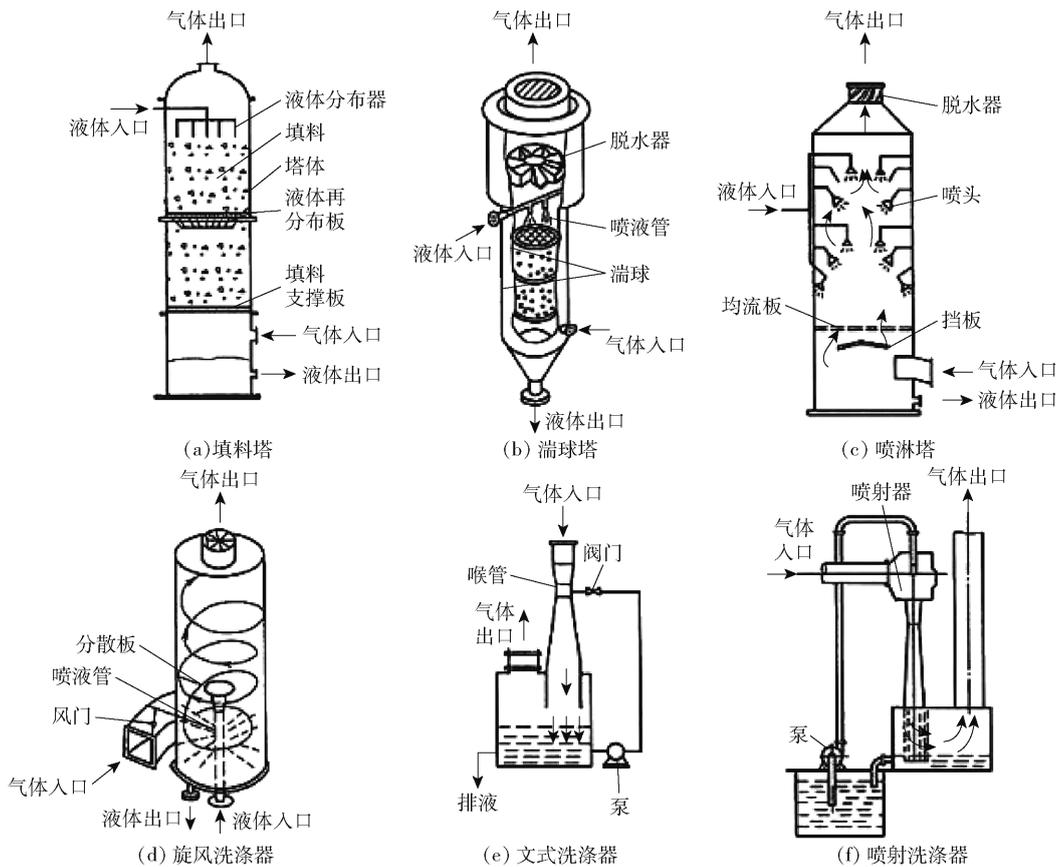


图6 各种吸收装置的示意图

4 结论

然通风方案已经被淘汰,机械排风系统是较优通风方式。

通过上述分析可以发现,在以后的设计中,自

(下转第 18 页)