

静电除尘
电源
测试技术
论文选集

中国劳动保护科学技术学会

静电除尘、电源
测试技术会议

论文选集

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国劳动保护科学技术学会工业防尘学术委员会
中国物理学会静电学术委员会
中国金属学会安全技术委员会
湖北金属学会安全环保学术委员会
联合召开

目 录

中国静电学研究的发展·····	李瑞年	(1)
我国电除尘器的发展·····	严兴忠等	(3)
JBF—1 静电空气净化器·····	张鸿迪等	(9)
电除尘器两类阳极悬挂装置振打性能的分析与对比·····	陈康元	(11)
屏蔽电场与宽间距电场的特性分析·····	唐国山	(14)
荷电尘粒在电场中的沉降试验·····	严兴忠等	(17)
荷电水雾净化矿井含尘空气技术的探讨·····	周永安	(24)
碳素沥青烟尘电净化装置·····		(28)
积木式电收尘器·····	罗思令等	(33)
梅山烧结厂电除尘试验改造应用·····	陈昌松	(37)
电除尘器气流分布模型试验·····	黎在时	(42)
干法水泥窑电收尘器设置增湿塔提高收尘效果·····	董书华	(47)
有色冶金电除尘器样机现场试验及其模式·····	钱朝葆等	(59)
浅谈电晕空间电荷对电场的影响·····	蒙 骜	(82)
静电除尘器阳极悬挂装置的分类及其振打性能的对比与分析·····	陈康元	(88)
敞开式电晕场抑制烟尘技术的研究·····		(92)
最小振打加速度与粉尘粘度之关系·····	林尤文等	(101)
八平米液膜板式电收尘器设计及生产实践·····	徐 森	(104)
静电除尘器在我国电力工业应用中的几个问题·····	李立功	(107)
影响孤立电极板静电电位的因素·····	瞿建邦等	(112)
过渡电阻对测量电阻的影响·····	任宝明	(116)
静电电位仪标定极板的尺寸效应和探头的屏蔽效应·····	陈加兴	(120)
粉体静电电量密度的测定·····	王良才等	(122)
非接触式静电测试仪表对带电体的影响之研究·····	陈加兴	(125)
EY4型静电测试仪的特殊设计及其标定技术·····	李雅琴	(128)
电除尘器的供电·····	李可嘉	(134)
电除尘器高压电源的最佳供电·····	杨羽军等	(143)

中国静电学研究的发展

北京工业学院副教授 李瑞年

中国的静电学术组织称作《中国物理学会静电专业委员会》，简称为ESC(CPS)。它是隶属于中国物理学会的工作组织。此外有上海、天津、辽宁、湖北、陕西、吉林和江苏等省市静电专业委员会，分别隶属于各省市的物理学会。石油化工静电专业委员会属于中国石化总公司。

ESC(CPS)于1981年12月成立，现拥有251名会员，他们是大学的教师、研究所、设计院和工厂的研究人员、工程师和设计人员。他们从事静电物理、应用技术、防静电危害及有关测试技术的研究。ESC尚未出版期刊。

研究可燃物质电火花起燃的机理是从起燃动力学和电火花对物质的作用两方面进行的。放电可以使氧转化成多种自由基和自由原子。在辉光放电正柱中，这些粒子之间有很多反应，其稳定性有各种可能的变动模式。在起燃动力学方面，人们发现，氢氧混合气的第一和第二爆限是稳定结点区和鞍点区的交界，在自加热起重要作用的第三爆限附近，还会有其它变动模式。在研究定域性的电火花起燃方面，考虑了冲击波和电极散热的损耗，解释了起燃的最佳点的存在。关于固体材料的电起燃，发现有一个最佳频率，这类现象以前Finch和Kono在可燃气中发现过。

关于电除尘研究的发展，请大家参阅严兴忠所长在本次大会的专家讨论会上发表的论文。

在中国，有一个电摄影专业性学术组织，称作中国复印学会，还有一个研究所，称作天津复印技术研究所，它隶于机械工业部，此外，

在上海、武汉、天津和桂林有复印机厂，那里也进行一些研究工作。电复印的研究工作集中在光导体、显影剂和电晕荷电方面。现在，硒合金光导底版的灵敏度可达5到10勒克斯·秒，它的工作寿命达30000至50000次，其它光电参数也达到满意的程度。显影剂方面在研究单、双组分的各种显影剂。电晕荷电方面，提出了一个更加精确的电晕线的伏安特性公式，各项都有更明确的物理意义。人们试图在根据这一理论来考虑电晕荷电装置结构的设计。

铁电晶体的特征可以用液态显影的方法显示出来。将少量的复印显影剂(正极性的或负极性的均可)溶于有机绝缘溶剂中，铈酸锂晶体的电畴在溶液能被染色，并可显示出单畴铈酸锂光析变区电场电荷分布，单畴掺铁铈酸锂晶面电击穿效应及其晶体存储的全息衍射光栅图象。

在中国，上海绒布厂首先开发了静电植绒的技术。为了使绒毛荷电至适当水平，使基布有合适的放电时间常数，两者要经过予处理。绒毛的含水率保持在7%。植绒环境温度为20℃至30℃，湿度为60%至70%。操作时间为15秒。每平方米的植毛量为100至120克。电极的几何形状是按下降法设计的。工作电压在35kv至60kv(直流)。电源要有坚硬的稳定性。所有的工作参数，包括绒毛和基布的电导率、绒毛的含水率、环境参数、泄放电流、电极间隙、工作电压、操作时间等，都须经试验和调节，达到最佳条件后，确定下来。植绒后的绒布在红外箱内烘干。

静电分选技术是通过研制矿粉、茶叶、猪

鬃等的分选机来分别开展研究。研究中,对材料的予处理和流态化十分注重。

人们试图用空气离子和静电场来促进植物的生长。据称,在一定的电晕放电和静电场的作用下,西红柿和某些蔬菜的产量可以增加百分之几十,棉花和小麦也能见到增产的迹象,某些花卉的生长能被加速。人们通过观察小白鼠的生理反应研究静电场的生物效应。在一定强度的静电场作用下,麻醉的白鼠心电图R波振幅明显下降,而撤去电场后,便升上来。实验中,对脑电图也作了观测。细胞融合也用静电法实现了。这些工作大部是在东北师范大学物理系和生物系完成的。他们还制造了小型稳压静电电源,用于产生中子供探矿使用和用于各种静电工艺。

驻极体的研究集中在PVDF、PTFE、PET和PP等材料方面。经研究认为,驻极体薄膜的过剩电荷引起的热激电流起因于载流子穿过零场强面的扩散,据此可以建立热激电流与驻极体内部载流子迁移的定量关系,并能解释过剩电荷热电流效率低的原因。按照这一观点进行的实验表明,在热激电流实验中,样品可不蒸金,这对厚度为10微米左右的驻极体薄膜是重要的。关于PVDF的热激电流,观测到六个峰: γ 峰(-120°C)和 β 峰(-37°C)由偶极运动引起; ρ 峰(55°C)由空间电荷引起; T_{m3} (130°C)、 T_{m2} (157°C)和 T_{m1} (180°C)峰对应于 α 、 β 和 γ 晶型的熔点。研究发现,这些谱随着制造薄膜的工艺不同而发生显著的变化。人们用TSC法研究了摩擦带电的聚丙烯薄膜,并比较了用尼龙或聚四氟乙烯摩擦了的PS、PP和PET的TSC。结果表明,摩擦带电的驻极体与热驻极体相似。人们试着将PP驻极体用于医疗,将FEP驻极体用于电声器件。

发展静电喷涂的机械目的在于油漆家俱、玩具、小零件和整机外壳。用类似的技术,人们试图制造手提式农药喷雾器。采用感应喷雾荷电法,使功率消耗达到最小。

利用静电力可以实现金属或半导体对玻璃

或致密陶瓷的封结。将外电场垂直作用于半导体(正极)和玻璃的接触面,玻璃一方有辅助电极。当温度达到 100°C 时,逐渐升高电压,在玻璃接触面形成正离子的耗尽层,于是两表面之间产生强大的压力。对于硅片与硼玻璃的封结,要在500至600伏间和 250°C 至 300°C 间保持10至30分钟,然后,撤去电压,令炉温自然下降,紧密的封结即可形成。

我国在大连建立了一个全规模的油品安全试验基地、石油化工防静电危害是基地的最重要研究课题之一。这里对有问题的工艺和新发展的工艺进行安全试验,规模可达到5000吨罐。结合基地试验,发展了测试技术、安全取样装置和导电材料的研究。

人们注意通过模拟各种实际的工艺条件,研究电火花对爆炸物的起燃。采用一种通用的试验装置对爆炸性气体和炸药的电火花感度进行综合研究,可以找出统一的易燃性序列、实验发现,对电火花起燃而言,氢氧的当量混合物比斯蒂芬酸铅更加敏感。

鉴定灾害发生的原因常常很复杂。一个200立米的油罐在充油时发生爆炸了。鉴定结果认为是由于游离的浮子与接地的罐之间发生电火花引起的。

在中国已有抗静电剂可供使用。在有爆炸气氛的场所,用导电胶板铺设地面,工人穿导电工作服和导电鞋可以防止人体带电引起的静电危害。金属化纤维和炭素纤维已经生产,并用于制造抗静电和抗微波工作服和其它织品。

消除电子环境的静电危害已成为重要的研究课题。人们开始研究固体器件和组件在操作中损坏和失效的原因,并研制各种导电地板、预制板和导电涂料等,以满足超净车间的需要。

此外在,中国也广泛使用了自己生产的各种静电仪表和静电消除器。

值此大会召开之际,我们愿对日本静电学会的会长增田闪一教授表示衷心的感谢,他促进了中日两国的静电学学术交流,并成功地在

我国电除尘技术的发展

冶金工业部安全技术研究所 严兴忠 林尤文

摘 要

本文回顾了我国近十余年来电除尘器应用迅速增长及电除尘器性能不断改善的情况,并说明我国电除尘器板浅配置、设计方法,将电除尘器用于尘源就地控制及强化清灰措施,对含尘气体进行调质,改善供电电源等方面所做的探索,最后还估计了今后一段时间电除尘技术发展的趋势。

一、概况

一九四九年前,我国仅有几台电除尘器,用于有色冶炼、水泥生产和制酸工业,原始资料已无从考查。一九五四年我国自行设计制造了第一台电除尘器,截面积为12.6平米,卧式四电场,收尘极为网状结构,电晕线为园线,用于炼锌氧化多膛焙烧炉回收有价金属。在电场风速为0.6—0.9米/秒·时,收尘效率为90%,出口粉尘排放浓度为0.5克/标立方米。以后相继在有色、水泥、化工等部门采用了一些电除尘器。并设计出20—60平米的立式电除尘器系列和多种棒棒式电除尘器,直到一九六〇年,装备的电除尘器不超过60台。

随着国民经济建设的发展,工业生产中排放出的粉尘危害日益突出,特别是世界上工业发达国家相继发生重大的环境污染事件,控制烟尘及其有害物的排放受到全国各方面的重视,国家对工业烟尘排放浓度及排放量作了限制性规定。较为有效的尘粒收集设备——电除

尘器,在六十年代后期及七十年代,成为我国发展较快的一项技术。

目前我国已初步形成电除尘器事业生产能力,已有十多个制造厂生产电除尘器本体,并有相应的供电电源配套厂及其他辅助设备配套厂。其中生产能力在2500吨以上的电除尘器本体厂有七家,装备有十多条极板和极线的自动化冷轧生产线。五十年代的电除尘器产品,主要是有色冶金和化工系统的棒棒式电除尘器和水泥系统的立式电除尘器,七十年代初期,冶金、建材和机械等十一个单位组成联合设计组,设计了3—60平米九种规格的卧板式单室两电场的SHWB系列电除尘器。七十年代中期以后,各工业部门又分别组织本行业的科研、设计、生产单位研制适合于本行业的新型电除尘器样机或新的系列。目前已设计的电除尘器最大截面积为244.8平米,极板高度达12米。全国有十多个电除尘技术研究和部件性能

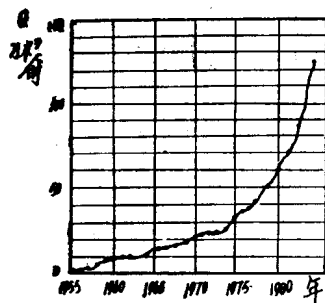


图1 电除尘器处理烟气量增长曲线

我国进行三次讲学访问。我们也对日本静电学会副会长村崎宽雄教授表示感谢,他培养了一名中国的静电学专家,并在我国成功地进行了

一次讲学访问。我们愿意和世界各国的专家学者进行互利的学术交流。

试验点。有的研究单位装备了电除尘试验台，建立起电除尘器选型、提供数据的基本手段。据不完全统计，我国已投入运行的电除尘器，所处理的烟气量约为12500万立方米/小时，其中按装备电除尘器的台数计算，钢铁占30%，有

色冶炼占32%，建材占18%，电力占8%，化工5%，轻工4%，其他为3%。我国历年投产运行的电除尘器所处理烟气量增长的情况，大致如图一所示。

电除尘器在各行业运行的典型参数如表1

电除尘器在各行业运行的典型参数

表1

应用范围	截面积 (平方米)	电场风速 (米/秒)	出口排放浓度 (毫克/标立方米)	效率 (%)	驱进速度 (厘米/秒)	比表面积 (平方米/米³/秒)
炼钢平炉	60	1.55	7—37	99—99.5	10—13	45—64
铜反射炉	40	1.2—1.5	31.7	99—99.5	11—15	38—50
火电站	220	1.17	150—500	98.5	6.59	59.76
干法水泥 回转窑	60	1.0	44	99.0	8.84	77
烧 结	40	1.2—1.5	<100	99	9.4—12.4	
氧 化 铝	45	1.0—1.2	<100	99	7—13	30—50

二、探索

我国电除尘界正以浓厚的兴趣对以下一些技术进行了探索

1. 研究板线合理结构及配置方式

电除尘器内极板与极线是产生电晕及收集悬浮尘粒的关键部件，我国对极线型式及其合理配置方式做了一些工作，以求提高电除尘器的辅集粉尘的性能。

板线的结构及配置的形式是多种多样的，其中主要的类型及组合方式如图二所示。

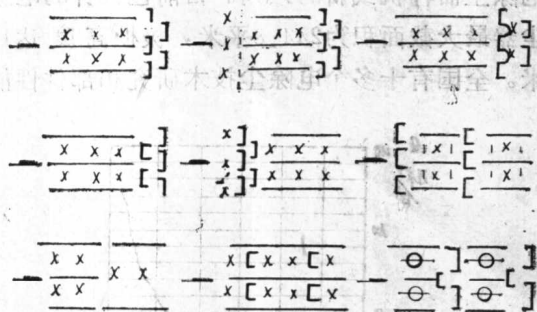


图2 主要板线配置组合方式

对于少数类型的结构与组合方式做了一些分析试验。例如曾分析了槽形板沉淀极的集尘效率，计算值及试验值，如图三。有些组合方式已在小型电除尘器装备或在电除尘器改造中得到应用。例如一种带横向安装极板的电除尘器如图四。和常规电除尘器相比，在条件基本相同

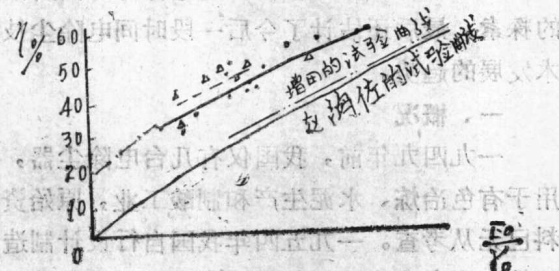


图3 槽形沉淀极的效率 E_0/v_0 试验曲线



图4 横向极板的电除尘器

大型电除尘器的装备改造过程中,采用了横向槽形板、宽间距板线的组合方式,在运行参数相同的情况下,可使粉尘排放量降低46.5—54.1%。特别是在电场风速较大时,其效果较为显著。

上述工作,尚难科学地判断最合理板线结构及其组合方式,但已可以说明当前常规电除尘器的极配形式尚有改进的余地。

2. 研究电除尘器参数的获取方法

选择可靠、适当的电除尘器的设计参数,以便用最小的投资获得最佳的效果,是人们共同关注的问题。

我国对电除尘器设计参数的选取,一种是依靠同类型电除尘器应用的经验数据。这方面我们已经和正在积累各种参数,建立分析的数据库,这种工作的可靠性是建筑在大量实践数据之上的,需要长时间的积累。

另一种是采用试验方法,目前我国已有几个较为完善的实验基地,装备了移动式电除尘试验车,固定式电除尘试验系统,气流分布试验装置,振打试验装置等,为通过半工业性试验选择设计参数提供方便。但取得的数据,仍须经过经验性修正。

采用分析计算法,已经引起重视,当前正不断用分析方法获得多种电晕浅所形成场强的数学模型,已应用模拟电荷法及镜像迭加原理求得星形线场强的数值解。但同时也发现,由于尘粒状态,由风影响等因素的复杂性,还难以使分析法达到较高的精确程度。因此,一些人主张探索一种“试验分析法”,将在加强对烟尘基本属性的观察分析的基础上,对目前尚难于计算分析方法获得准确设计数据的环节,采用试验方法来取得数据,并辅以分析运算。

目前已对粉尘属性做多方面的考察,并将粉尘属性与电除尘器收集技术联系起来。例如,粉尘粘附力与粉尘振落所需极板最小振打强度之间有着密切关系。如图五。

粉尘在电场中的沉降,在进行大量的观测后也发现,不管粉尘原始条件有何不同,在经

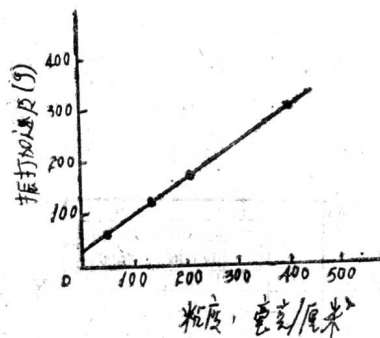


图5 粉尘粘度值与极板上粉尘全剥落时振打力的关系

过一定沉降阶段后,由于浓度降低,粒度渐趋于一致,如图六。其沉降规律吻合多依奇(Deutsch)公式。显然这种规律性有助于推算电场长度与效率值。

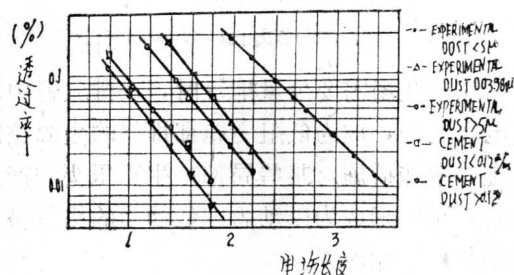


图6 粉尘沉降与电场长度的试验曲线

3. 在扬尘点就地控制粉尘扬散

我国试验并应用了一种就地控制粉尘的电集尘技术,在光源点附近形成电晕电场,使扬起的粉尘荷电沉积在预设的沉降构件或负载物上,以这种原理设计应用的尘源控制设备,如皮带运输机转运站的尘源控制。见图七。

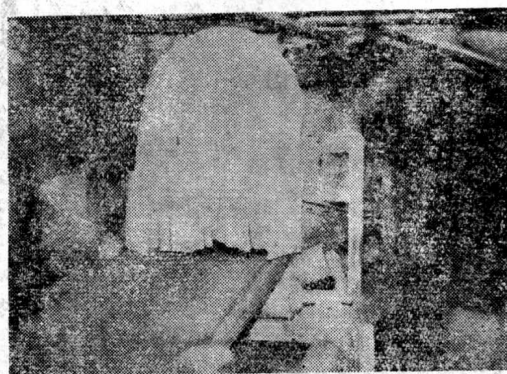


图7 皮带运输机的尘源控制

尚可利用敞开式电晕场控制大空间的地表

或生产过程中的扬尘。如在一个105平米的皮毛厂进行试验，当布置在空间的电晕线施加电压后，可以使工作区上的粉尘浓度，由26.5毫克/立方米降到1.7毫克/立方米。如图八。

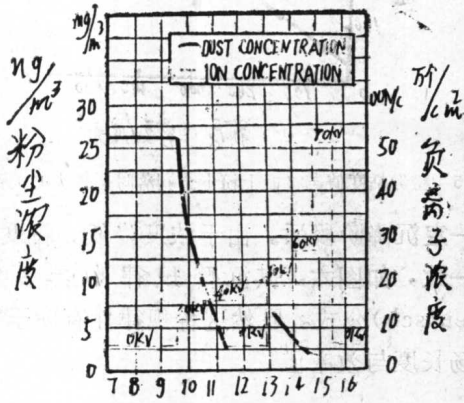


图8 粉尘浓度与负离子浓度随时间变化情况

在某些场需要少量排气时，在排气管中形成电晕电场，成为低阻力局部排气的尘源控制措施，这些措施对某些局部产生正压头的产生设备，可以形成为无动力或低动力的排气粉尘控制装置。如图九。

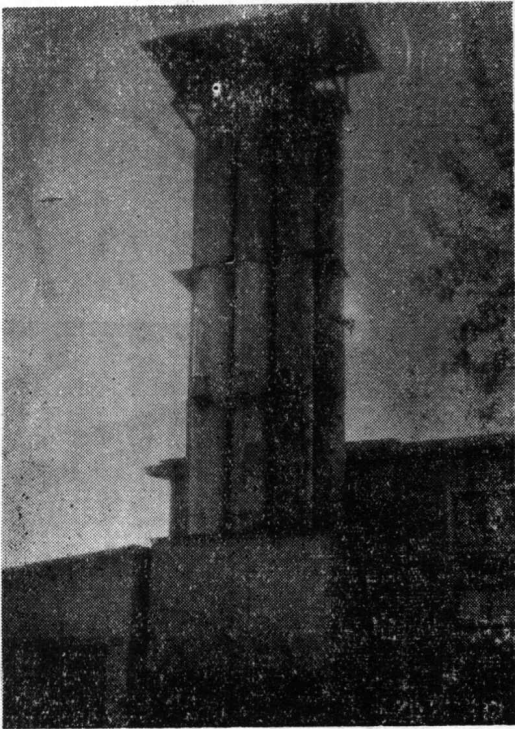


图9 低动力排气的尘源装置

可做成小型锅炉烟囱排气措施，如图十，按这种原理设计的燃煤锅炉的排气净化设备已经定型化，在2吨卧式链条蒸气锅炉和4吨往复炉排蒸气锅炉上应用，当粉尘比电阻为 10^5-10^{10} 欧姆—厘米，电场风速为2.5—4.5米/秒，初浓度为0.5—1.2克/标立方米时，除尘效率可达到97—99%之间，出口排放浓度在12毫克/标立方米以下，驱进速度可以达到31.33—32.6厘/秒。

这项技术可以用于各种废气的排放烟囱中如图十一，是一种占地少且简易的处理分散尘源的方法。

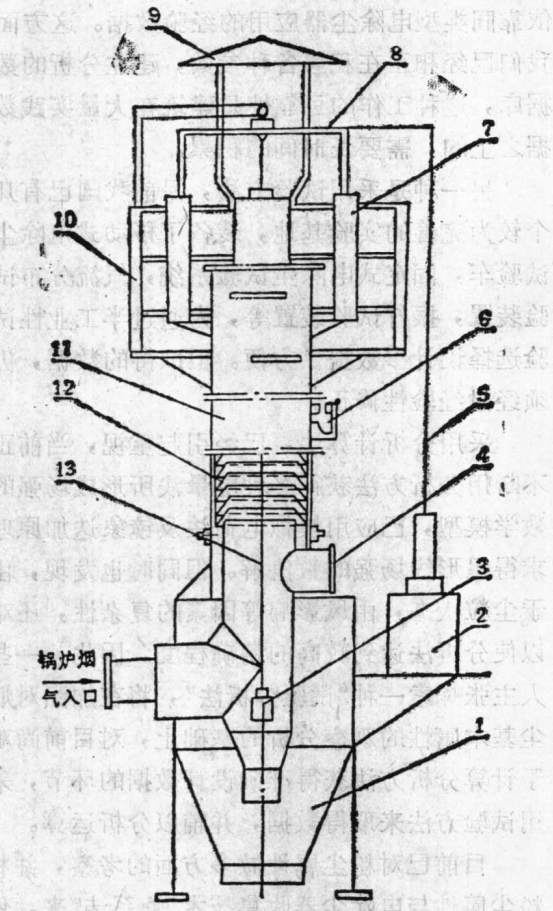


图10 小型锅炉烟囱除尘装置

4. 发展多种振打清灰措施

我国电除尘器的振打清灰方式，除了采用挠臂锤旋转振打、电磁振打等常规振打措施外，

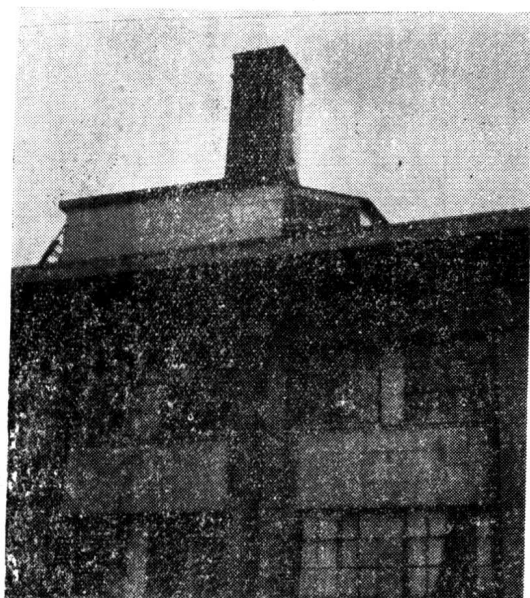


图11 设在烟囱的除尘装置

还采用压缩空气操作锤击振打，金属刷清灰，阴极蒸气吹扫等振打清灰方式。

以压缩空气操作振打锤用于30平米铜冶炼原料烘干烟气净化电极上，应用后使极线获得所需的振打强度，电除尘器保持正常运行，较机械振打时操作电压、电流均有显著提高，除尘效率可提高5—7%。

金属刷强制清灰措施应用于烧洁厂48.6平米和60平米的电除尘器上，合理确定清扫周期可以使电晕电流基本上保持在一定值，除尘效率在99.1—99.47%之间，并使驱进速度达到13.16—14.1厘米/秒。如图十二。

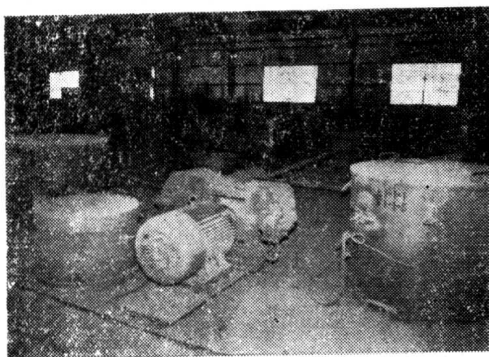


图12 金属刷清灰的转动装置

对于粘度较大的沥青烟尘，用4—5公斤/(厘米)²的蒸汽喷扫，能获得较好的运行效果。

5. 控制工艺条件，应用调质措施

为了使高比电阻粉尘在电除尘器中可以获得较好的收集效果，我国注意了改善工艺条件，使其适应收尘的要求。为了改善烧结电除尘器的运行条件，同时也为了适应工艺上烧结块的冷却要求，我国采用加长机尾的冷却带或用大面积冷却盘，烧结烟气可降低至80—90℃左右，使烧结机尾电除尘器运行获得比较好的效果。在电场风速为1.23—1.47米/秒的情况下，可获得98—99%的除尘效率。

铜冶炼转炉含酸烟气中含铅锌氧化物多，烟尘难收集。我国采用密闭鼓风机将烟尘在其中相混合，并控制铜冶炼原料中铅、锌、砷、氟含量，并使转炉生产周期交错排列，使排出烟尘在电除尘器中的收集效率提高到98.7%以上，排出口含尘量不超过120毫克/标立方米。

我国铝土矿多为一水硬铝石型高硅矿，因此在冶炼中多了一个烧成工序。烧成窑尾的温度视窑尾受热面大小相差甚大，对电除尘器效率影响十分显著，喷浆法喂料时烟气含水量高、烟尘浓度大，且粉尘有较大粘度。电除尘器的收集效率不仅与矿石品位、窑的热工状况有密切关系，且产料中钙比(= cao/siO_2)和碱比(= $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$)两个比值的大小也有很大的影响。通过近几年的实践，已摸索到烧成窑应用电除尘器集尘的特点。收尘效率从七十年代的85—95%，提高到目前的98—99%左右。

此外，我国在平炉、水泥回转窑烟气中采用加湿措施，使电除尘器也取得较好的运行效果。

6. 供电电源的研究

七十年代初期，我国生产电源的厂家就有十多家，并用硅整流器淘汰了机械整流器，由可控硅调压取代了饱和电抗器调压装置。单台电源二次电流可达1500—2000毫安，足以满足大容量电除尘器配套使用的要求。如图十三。

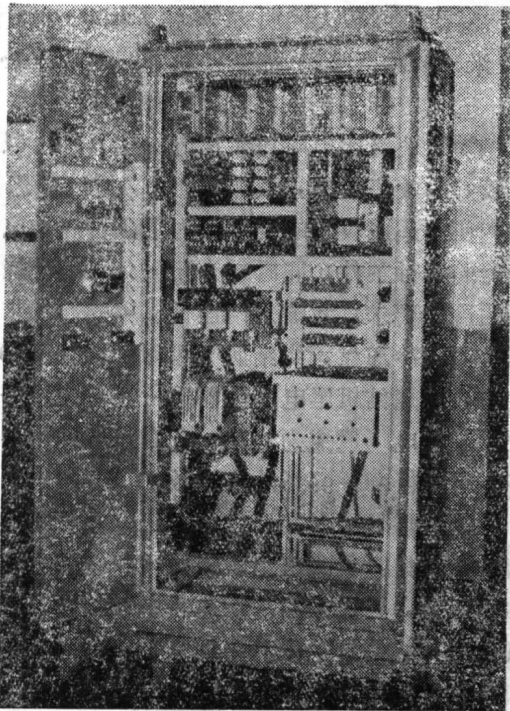


图13 2000mA高压供电电源

高内阻的变频电源。脉冲供电电源和寻找最高平均电压的高压电源还在开发中。研制中的最高平均电压控制电源，它以电场中最高平均电压为依据，以调压和调相结合，获得较佳的峰值电压与平均电压比值，以适应复杂工况的变化。如图十四。

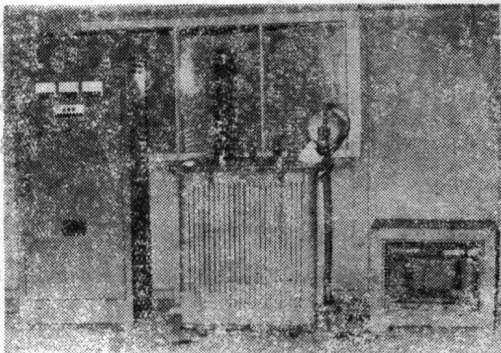


图14 最高平均电压供电电源

无触点多功能低压操作控制电源也可在工业上得到应用，如图十五。

个别企业中已初步实现对电除尘器供电采用微机集中控制。

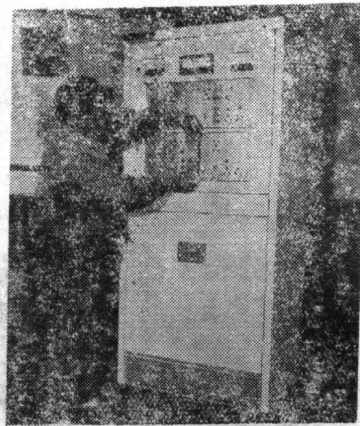


图15 低压操作控制盘

予荷电技术在我国也引起注意，曾在试验性工作中将除尘器入口管及气流分布板前的区域中安放电晕线，可以改善电除尘器初级电场的收尘效果。此外，我们在电一布袋，电一颗粒层除尘器方面也进行过探索，如图十六，证明加装予荷电是提高过滤捕集效率的较好方法。

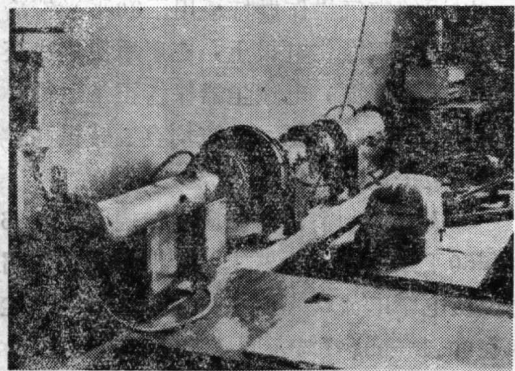


图16 电一布袋予荷电试验装置

三、展望

电除尘技术在我国有广阔的发展前景，正在发展的电力、冶金、建材等工业部门，尚需要不断供应电除尘器装备，仅以火力发电的发展情况为例，在今后5—6年期间，需要装备的电除尘器的重量可达50000—60000吨之多。

予计我国进一步发展电除尘器的趋势，首先是常规电除尘器的大型化、多规格、多品种，降低单位过滤气体所需钢耗。计算机在电除尘器上的应用，逐步发展新的极板极线的配

JBF—1 静电空气净化器

北京市劳动保护科学研究所 江西冶金学院 执笔 张鸿迪 周永安

JBF-1 静电空气净化器是以净化空气中氩子体为主要目的的一种静电设备。经实测,净化氩子体效率达80~90%,净化空气中气溶胶微粒及粉尘效率为70~98%,同时能产生大量空气负离子而具有改善空气品质的功能。

一、研制目的

云南锡业公司矿工肺癌问题早在60年代就引起国家的重视,周总理曾指示过要尽快解决这一问题。国家科委将解决这个问题列为国家重点科研项目。

病因专家在“云锡”的研究结果指出,“云锡”矿工肺癌发病率较高的原因之一,是附着于支气管及肺泡上的氩子体及其与粉尘集合物在附着部位长期放射性内照射的结果。若能有效地降低坑内空气中的氩子体及粉尘浓度,就可能有效地控制矿工肺癌发病率。

“云锡”矿山坑内氩子体的来源主要是围岩裂隙渗出氩气,氩气衰变产生的氩子体。采用通风的办法能在一定的条件下使坑内氩子体浓度大幅度下降,但由于氩气的不断渗出和衰变,进入坑内的新鲜空气经一定时间后,其浓度还将大幅度上升,即使空气中含尘浓度低到0.2~0.5毫克/米³,氩子体浓度也可高达3~4国标(国家允许浓度为1国标)。针对上述情况,

置方式,新型供电装置以及烟尘性质的调理措施。

其次,电除尘器合理设计将进一步获得解决,无论从经验积累数据方面,理论分析方面及经验与分析方法相结合方面均将获得发展,且电除尘器集尘规律将随之进一步获得更多研

自1980年3月开始,江西冶金学院、北京劳保所、云南锡业公司劳研所等单位协作开展了研究工作。结果表明,采用局部净化的办法是解决上述问题的可行途径之一。为此,研制了静电、静电与滤料复合及荷电水雾等项局部净化设备。JBF—1静电空气净化器是其中的一种,它主要用于矿井内峒室:如绞车房、机修室、休息室、电耙空等地方。这些地方的工人作业位置较固定,利用局部净化器净化氩子体及粉尘后,将净化空气送到工人呼吸带,JBF—1型静电空气净化器是我们设计的这类净化器之一,它于1984年6月由北京京丰环境工程设备厂试制成功。

二、设计依据及主要结构

1. 设计依据

处理气量:

由于本设备主要用于局部空气净化,净化后空气送到工人呼吸带,根据冶金安全规程的要求,每个工人作业时供风量为0.1米³/秒,本

表(1)

活动状态	静躺	坐	站	走	快走	跑
换气量(升/分)	8—9	10	12	17	25	64

究。

注:本文系根据第二次国际电收尘会议的要求而写出的,文章经过王成汉、王厉前、程一聪、刘后启、张国叔、林肇信、张鸿迪、张迪光等同志审阅、修正、经国内有关企业及生产厂提供素材,最后由金属学会安全学术委员会审阅提供第二次国际电收尘会议,作者特此感谢。

机设计处理风量为6米³/分,有效射程0.5~1.0米。与表(1)所示人呼吸的实际换气量比较,此处理气量是能满足要求的。

净化对象:

主要捕集直径为0.005~0.1微米的氡子体及小于2微米粉尘。当氡子体入口浓度低于5国标时,出口浓度应低于1国标,净化效率应大于80%。在粉尘入口浓度低于10毫克/米³的条件下,其出口应低于0.5毫克/米³,效率应大于95%。

其它:

要求重量轻、体积小、便于搬运、噪声小以及适于在矿井下长期运行等。

2. 主要结构

预荷电区:

用直径为0.3毫米的圆形线作放电线,产生高浓度负离子区,使气溶胶粒子在该区以很快的速度较充分荷电;同时产生很强的非均匀电场吸引带正电荷的氡子体。由于氡子体主要是带2个正电荷的 α 粒子。其粒径极细,虽极易附着于空气中粉尘上,但仍有小部分为游离态。这为由采用一般的除尘器或过滤器净化含有粉尘及氡子体的空气时,往往都是除尘效率比除氡子体效率高10%左右这一现象所证明。对于微细的游离态氡子体,用通常的净化办法难以收效,而借其带电性,用电场力来捕集它却是有效的,经现场实测证明了这一点。由于实验现场的粉尘浓度很低,游离态氡子体的比例相应是较高的,此时,对氡子体的净化效果反而比粉尘高10~20%。

第一收尘区:

它的主要作用是收集荷电后的微细粉尘及进入该区的氡子体。该区为均匀电场,异极间距为25毫米,每块集尘板面积为400×400毫米²。极间电压为15千伏,电场强度为6千伏/厘米,直径为1微米的荷电粉尘在其间受力为 5.2×10^{-12} 牛顿,向集尘板运动的速度为3.7厘米/秒。

第二荷电区:

该区由密布芒刺的长400毫米,宽25毫米的金属薄板构成。它是对透过第一收尘区的粒子再次荷电。

第二收尘区:

结构及其作用与第一收尘区相似,为提高净化效率而设置。

送风:

采用13瓦微型轴流风扇,风流经整流装置送出较稳定的射流。

清灰:

可人工拍打及水洗。由于主要是针对低浓度粉尘使用,因而未设集灰器,若入口浓度按10毫克/米³,出口浓度按0.4毫克/米³,集尘板平均集灰厚度按0.5毫米,附着粉尘松散比重按1.5计,则连续使用1000小时即二个月左右清灰一次。

外形尺寸及重量:

高1.4米,宽0.41米,长0.42米;重为50~60公斤。

三、性能

1. 净化粉尘能力:

分别在北京劳保所实验室、“云锡”马拉格矿通风工段屋内及井下4中段4121上山头绞车峒室内,用滤膜计重及日本产P—5数字仪测定,结果如表(2)所示:

表(2)

粉尘种类	入口浓度 (毫克/米 ³)	出口浓度 (毫克/米 ³)	效率	粒 度 (微 米)	备注
香烟粒子 (烟)			≥90		室内
芭兰香粒子 (烟)			≥98		室内
滑石粉			≥96		室内
坑内飘尘	0.45	0.11	75	<2	云锡 井下
坑内飘尘	0.34	0.10	71	<2	云锡 井下
坑内飘尘	1.92	0.29	85	<2	云锡 井下
坑内集尘	67.99	1.69	98	<2占7%	云锡 地表

2. 净化氡子体能力:

(下转第23页)

电除尘器两类阳极悬挂装置

振打性能的分析与对比

复旦大学 陈康元

电除尘器阳极板、振打杆组合悬挂系统形式各有不同,电除尘器的设计者、制造厂、应用者均对这些悬挂形式甚感兴趣,近来笔者接待了来访与来信,都提出了类似问题—哪种悬挂方式效果较好。

笔者近年来,曾对各类电除尘器测定了阳极板的振打加速度与进行了一些分析对比研究工作。

本文就笔者经历把电除尘器的阳极悬挂系统归并为两大类,从实测结果与分析提出了这两类装置的振打性能分析,看法可能有错误,恳请行家们予以指正。

一、阳极悬挂装置的分类:

目前国内各系统在使用的电除尘器(包括国内设计制造的与已从国外引进的),其阳极板、振打杆组合系统大致可分成两大类(不包括美国洛奇—科特雷尔公司的产品,该公司虽在80、81年来华谈判过,但目前国内还未见到该公司设计制造的电除尘器)。

1. 紧固连接型阳极悬挂装置:

这类阳极悬挂装置阳极板的上下端均用螺栓与上吊挂梁及振打杆紧固连接,或阳极板的上下端均焊有连接板,通过连接板再用螺栓与上吊挂梁及振打杆紧固连接。

这类阳极悬挂装置较普遍,如西德Lurgi公司的产品与元宝山电厂从法国进口173M²电除尘器的阳极悬挂装置及冀东水泥厂从日本引进的电除尘器的阳极板悬挂装置均为这种型式。

国内上海冶金矿山机械厂设计制造的SHWB系列;诸暨电除尘器厂设计制造的GP系列;还有电力系统自行设计制造的已使用在邵武电厂的2#电除尘器与使用在永安电厂的150M²电除尘器均为这种形式;化工系统设计制造的已使用在淄博制酸厂、南京磷肥厂的2DCZ3-20电除尘器亦为这种型式;又如建材系统设计并生产的85M²电除尘器亦属紧固连接型的,而且阳极板的上端通过菱形片元件再与吊挂梁紧固连接。

这种悬挂装置安装时的关键是:凡是连接螺栓必须紧固连接,或用力矩扳手把连接螺栓拧紧[1, 2]。

2. 单点偏心悬吊型阳极悬挂装置:

这类阳极悬挂系统的阳极板上端是通过销轴偏心悬吊在上吊挂梁内,阳极板下端除两边用销轴与振打杆相连接,中间部分阳极板自由伸入振打杆内。

这类阳极悬挂装置由于阳极板上端采用偏心悬吊,极板自身重力矩的作用要使极板向一边偏转,在振打杆内安置有垫块阻挡极板的偏转,正是极板自身重力矩使阳极板紧紧压在垫块上,而使阳极悬挂装置在受摇臂锤振打时把振打力有效地传递给每块极板。

这种悬挂装置在设计、制造与安装时都必须注意到阳极板能紧压在振打杆内的垫块上并保持它们之间的完整接触[3, 4]

瑞士Ellex公司与瑞典Fläkt公司设计制造

的电除尘器,其阳极悬挂装置均属这一型式;国内如冶金部宣化环保设备厂为武钢设计制造的RD I 60电除尘器、轻工部天津轻工机械厂为上海纸浆厂设计制造的ZHF21型电除尘器等亦属这一型式。

二、两类阳极悬挂装置振打性能的比较:

79年至今,笔者曾对这两类阳极悬挂装置的电除尘器近20台进行阳极板振打加速度的现场实测,从测试结果的分析对比中可以看到:

1. 振打力沿着振打杆方向的传递性能。

偏心悬吊型要优于紧固连接型,对偏心悬吊型从我们实测的几台看,振打杆尾部的振打加速度约为首部的 $2/3 \sim 3/4$;而紧固连接型有时好一些,有时差一些,一般在 $1/3 \sim 3/4$ 之间,不太稳定。

2. 振打力沿着极板方向的传递性能。

这特别表现在从振打杆到阳极板下部振打力的衰减,对紧固连接型,阳极板下部的振打加速度一般在振打杆上相对应点的 $60\% \sim 90\%$

(这里必需要求电除尘器在安装时振打杆与阳极板之间的连接螺栓要拧紧);而偏心悬吊型阳极板下部的振打加速度只能达到振打杆上相应的 $25\% \sim 50\%$ 。

可见振打力从振打杆到极板的传递性能,紧固连接型优于单点偏心悬吊型。

3. 阳极板经摇臂锤振打后的位移量。

紧固连接型经振打后,可以感到板面的振动很激烈,但阳极板的位移量很小,而单点偏心悬吊型两边极板因上下用销轴连接,所以其位移量亦不大,而中间几块极板自由伸入振打杆内,当锤撞击振打杆后,振打杆内垫块又再次撞击阳极板,使阳极板与垫块相分离,因此阳极板位移量较大,经多次实测其位移量约在 $20 \sim 30\text{mm}$ 。

三、分析

对这两类阳极悬挂装置要使粘附在板面上的粉尘脱离板面而落下所需要的最小振打加速度,Lurgi公司、Elex公司与Fläkt公司各有报导。

Lurgi公司是紧固连接型,该公司提出最小振打加速度是 $200g$,Elex公司产品是单点偏心悬吊型,他们提出最小振打加速度是 $60 \sim 100g$,Fläkt公司产品亦是后者,提出最小振打加速度是 $100g$ 〔5~7〕。

为何这些公司提出的最小振打加速度有那么大的差别?我们认为:

1. 紧固连接型阳极悬挂装置中单块阳极板系两端固定,因此极板的固有频率高。阳极悬挂装置受到的是冲击力作用,作用时间极短,因此其频率成份甚宽,引起极板作激烈振动的是与极板固有频率相结合拍或接近的那些简谐扰动力使其引起共振,因此极板振动可看成是几个简谐振动的合成,如我们只考虑与第一阶固有频率合拍所引起的共振,此时极板的位移量应为:

$$X = A \sin(\omega_1 t + \varphi) \quad (1)$$

而其加速度为:

$$\ddot{X} = -A\omega_1^2 \sin(\omega_1 t + \varphi) \quad (2)$$

所以,位移幅值与加速度幅值 a 之间关系为:

$$a = A\omega_1^2 \quad (3)$$

可见对紧固连接型阳极悬挂装置极板上的加速度,虽极板位移量小,但因其固有频率高,它还是较大。

2. 单点偏心悬吊型阳极悬挂装置中间几块极板,因一端铰支,一端自由,其固有频率要比两端固支要低很多〔8〕。

因此对这一型式虽然其极板位移量大,但其固有频率低,其加速度不仅不会增大,反而会更小时,这是由于加速度幅值与位移幅值一次方成正比,而与频率的平方成反比。

3. 粘附在极板上的粉尘脱离极板,其主要作用力应是惯性力,因此只有当振打加速度达到一定值才能使粉尘与极板相分离〔9, 10〕。

但是极板来回运动的速度(即振动频率)与极板的摆动幅度有关,极板振动频率高、位移小,粉尘就不容易脱离极板,因此它需要较大的振打加速度才能使粉尘脱离极板;反之极板振动频率低,位移大,粉尘会较容易脱离极

板, 因此只需要较小的振打加速度即可。

由上分析可见: 对两类不同的阳极悬挂装置所需的最小振打加速度是不一样的。在同样粉尘的条件下, 使粘附在极板上的粉尘脱离极板, 紧固连接型阳极悬挂装置所需的最小振打加速度应大一些, 这是Lurgi公司与Elex公司所提出的最小振打加速度不一致的原因。

四、几点不成熟的看法:

1. 两类不同阳极悬挂装置的电除尘器各有优缺点, 不必片面强调那一类好, 而另一类差。关键问题在每一种型式的阳极悬挂装置如何改进设计, 注意安装技术, 能更好提高除尘效率。

对紧固连接型, 在上端加用菱形弹簧片元件后就能使阳极板上获得较大振打加速度且使其分布均匀; 在安装时连接螺栓的拧紧与松动, 会使极板上的振打加速度有几倍差别〔11〕。

又如对单点偏心悬吊型, 极板下的连接必需注意光洁度以及它与振打杆内垫块之间的接触状态〔3〕。

2. 由于单点偏心悬吊型阳极悬挂装置的电除尘器, 阳极板自由伸入振打杆内, 不受热胀冷缩的限制, 因此它较适宜于使用温度较高的电除尘器。

紧固连接型阳极悬挂装置, 因其从振打杆到阳极板振打力的传递性能要优于单点偏心悬吊型, 因此对大型电除尘器极板高度较高, 以这类型式较为适宜。

3. 无论那一类阳极悬挂装置的电除尘器, 因为后面电场阳极板表面所吸附的粉尘颗粒较前面电场阳极板表面所吸附的要细, 因此使其振落就需要较大的振打加速度。

为此建议对三电场以上的电除尘器, 第三电场及以后电场所选用的振打锤大小应与前两个电场有所区别。

4. 阳极悬挂装置在受到锤打击后, 板面上的振打加速度分布规律一般是靠近锤边的阳极板上大, 沿着离锤越来越减小, 到最末一块阳极板上又会大一些, 这是由于反作用冲量的

影响。

因此建议在最末一电场, 摇臂锤振打装置不要安装在该电场的尾部, 而安装在首部。这是由于如安装在尾部, 在靠近出口处的几块阳极板上振打加速度较大, 会使落下粉尘颗粒较细, 又引起二次飞扬, 使粉尘从出口处飞出, 从而影响除尘效率。

参考资料

1. 陈康元、孙捷: “从邵电2#电除尘器的振打试验分析它在安装技术中应该注意的问题”《劳动保护技术》1982年第1期
2. 陈康元、龚国华: “220M²电除尘器阴阳极系统振打试验报告”1982年5月
3. 陈康元: “阳极板偏心悬挂型电除尘器的振打性能分板与安装调试要求”《劳动保护科学技术》1983年第4期。
4. 陈康元、许经民、赵根祥: “上海纸浆厂ZHF21型电除尘器阳极板与电晕极振打加速度测定报告”《轻工部电除尘器鉴定会》上报告81年11月上海
5. 中国国际贸易促进技术座谈资料: “除尘”Lurgi公司·爱特尔, 75年8月20日于法兰克福
6. “Elex公司静电除尘技术座谈总结”78年5月于青岛
7. 瑞典Flakt公司在上海《空气污染技术交流会》会议纪要。1981年3月
8. 提摩钦柯: 《机械振动学》
9. 陈康元、孙捷: “电除尘器阳极板振打机理分析”《劳动保护技术》1982年1期
10. 陈康元: “冲击振动与测试技术在电除尘器振打装置中的分析与应用”《振打与冲击》1982年第3期
11. 孙捷、陈康元: “电除尘器振打装置的分析与试验”《矿山技术》1979年第5期

屏蔽电场与宽间距电场的特性分析

合肥水泥研究院 唐国山

一、特性

宽间距是新发展的收尘技术。虽然前一阶段国际上有所争议，但目前已被公认，并形成一股“宽间距热潮”，各国争相试验和应用，一致认为宽间距电场对于捕集高比电阻细微颗粒粉尘有显著效果，并能保持长期稳定高效运行，比脉冲荷电更有前途。国内一些单位早于

七十年代就着手研究试验、有的投入工业运行，其结果也证明这个效果，各种技术经济指标都先进，并早于丹麦、西德和美国等国2—3年。但是，宽间距技术在理论上尚不完备，还有待于发掘和探讨，这不影响它的发展。下面以我们研制的SWPK1—10/2型电场屏蔽—宽间距电收尘器为例，对特性作一简略的分析。其特性列入表1。

表 1 SWPK1—10/2型电收尘器的特性参数

测 定 点 / 参 数		粒 径 分 布 (μm) 占 (%)		烟 气 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	电 场 风 速 (m/s)	有 效 驱 进 速 度 (cm/s)	收 尘 比 表 面 积 (s/m)	出 口 浓 度 (mg/Nm^3)	收 尘 效 率 (%)	
		<20	中位径						分场	综 合
一 电 场	前 区	26.74	33	174	0.77	13.6	14.28	1913	85.68	—
	后 区	54.4	17.8							
二 电 场 (三 种 极 距 下)	280mm	47	21.8	162	0.82	12.3	39.2	79	94.58	99.19
	420mm	64.5	13.5	170	0.95	23	26.6	14	97.48	99.78
	560mm	71	11.7	142	0.90	21.6	23.94	41.67	93.79	99.43
				320	1.27	31.7	17.12	28.44		99.56

注：1. 粉尘比电阻测定值：280mm极距时为 $2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ；420mm极距时为 $8.2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$

2. 第二到560mm极距数据为运行一年后测定值。

二、特性分析

屏蔽电场又叫双区电场也是日本一种新结构型式电收尘器，我们的试验装置也组合了这种结构作为第一电场。实践证明也是有效的。

(一)屏蔽电场

所谓屏蔽电场就是在常规电场后段加上一对置槽形电极。前一排槽形极板有通负电压的，也有接地的，后一排槽形极板接地。理论来源于日本的《关于大量带电粒子的电气流体力学运动》，即电气流体力场（简称综合场）作用。试验表明具有一定效果，但不是综合场而