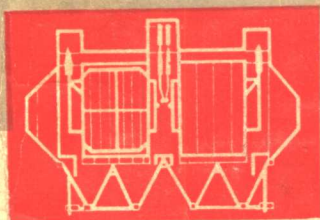


水泥工人技术丛书

电 收 尘 器



中国建筑工业出版社

水 泥 工 人 技 术 丛 书

电 收 尘 器

华新水泥厂七·二一工人大学业余电子班

中国建筑工程出版社

本书从理论和实践上叙述了电收尘器的工作原理、一般结构和使用维护方法,比较详细地介绍了几种常用的电收尘器,讨论了影响电收尘器工作的主要因素,概略地介绍了选用和设计电收尘器的几个问题。电源装置是电收尘器中的关键设备,本书着重介绍了火花跟踪自动调压高压硅整流装置,对其他几种常用的电源装置也作了概略的介绍。

本书是由工人、技术人员和干部组成的三结合编写组编写,并经湖北建工学院、山东省水泥工业设计室、武汉冶金安全技术研究所、武钢烧结厂、锦西水泥厂和峨眉水泥厂等单位有关人员审阅,湖北建工学院和武汉冶金安全技术研究所参加本书部分章节的修改工作。

本书可供水泥厂及其他企业从事电收尘器工作的工人及技术人员阅读。

水泥工人技术丛书

电 收 尘 器

华新水泥厂七·二一工人大学业余电子班

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/32 印数: 7 5/8 插页: 5 字数: 172 千字

1979年1月第一版 1979年1月第一次印刷

印数: 1—15,830 册 定价: 0.62元

统一书号: 15040·3481

出版说明

建国以来，我国水泥工业有了很大的发展，水泥厂不断增加，职工队伍迅速扩大，群众性技术革新、技术改造活动蓬勃开展。为总结交流水泥生产的技术经验，促进水泥生产水平的提高，我们组织编写了这套《水泥工人技术丛书》，供水泥厂岗位工人和维修工人阅读参考。

这套丛书着重总结水泥工人在生产工艺和设备操作、维修等方面的实践经验，同时介绍有关的技术革新成果，以及设备的构造、工作原理等基本知识。为便于岗位工人阅读，这套丛书将分册陆续出版。

这套丛书是由工人、干部和技术人员三结合编写组编写的，书稿写成后，又进行了三结合审查。编审人员在书稿的编审过程中以马列主义、毛泽东思想为指导，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，贯彻执行党的方针、政策，力求理论与实践相结合，使丛书内容实用、通俗易懂，切合广大水泥工人的需要。

组织编写这套丛书，得到了国家建筑材料工业总局和各省、市、自治区有关主管部门的大力支持；有关工厂、设计单位、学校为本丛书提供了技术资料 and 宝贵意见。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七六年五月

目 录

第一章 概述	1
第二章 电收尘器的工作原理	6
第一节 物质的原子结构	6
第二节 气体的电离	9
第三节 电场、均匀电场和不均匀电场	14
第四节 空气的电晕放电、火花放电和弧光放电	18
第五节 电收尘器是怎样把粉尘收下来的	22
第三章 电收尘器的构造	25
第一节 电晕极	26
第二节 收尘极	32
第三节 收尘极与电晕极的振打装置	38
第四节 气体均匀分布装置	49
第五节 电收尘器的外壳、保温箱和排灰装置	51
第四章 常用的几种电收尘器	56
第一节 卧式电收尘器	56
第二节 立式电收尘器	64
第三节 混凝土极板电收尘器	68
第四节 简易的水泥磨和皮带机尾部用电收尘器	69
第五节 净化气体中的液滴和酸雾用的电除雾器	75
第六节 空气过滤用双区电收尘器	78
第五章 电收尘器的电源装置	81
第一节 概述	81
第二节 饱和电抗器调压的硅整流装置	83

第三节	可控硅控制和调压的高压硅整流装置	97
第四节	火花跟踪自动调压的高压硅整流装置	106
第五节	机械整流和电子管整流简介	147
第六章	影响电收尘器工作的主要因素	156
第一节	气体温度和气流速度的影响	156
第二节	粉尘比电阻的影响——反电晕问题	159
第三节	废气湿度的影响及喷雾增湿的方法	167
第四节	粉尘浓度的影响——电晕封闭问题	175
第五节	电晕极性的影响	177
第六节	选用和设计中的几个问题	179
第七章	电收尘器的维护和检修	186
第一节	维修工作中的几个主要问题和处理经验	186
第二节	电收尘器中一般带共性的故障及处理方法	201
第三节	电收尘器使用中的安全注意事项	204
第八章	电收尘器的技术测定	206
第一节	气体温度、湿度的测定	206
第二节	风压、风量的测定	210
第三节	收尘效率的测定和计算	222
附表 1	华新水泥厂粉尘比电阻测定结果	236
附表 2	在不同温度下测定的几种粉尘的比电阻	237
附表 3	在不同温、湿度下测定的几种粉尘的比电阻	238
附表 4	在0°C和760毫米汞柱的条件下, 正负离子的迁移率	239
附表 5	电晕极材料参考	239
参考文献		240

第一章 概 述

在工业生产过程中，许多工艺设备不可避免地要排出大量的含尘气体。在水泥生产中，从原料开采、破碎、粉磨、煅烧，直到成品出厂，每生产一吨水泥，大约要处理三吨左右的物料。在这些物料的加工处理过程中，都要排出大量的含尘气体。例如：一台生产能力为25吨/小时的水泥窑，每小时就要排出约20万米³的废气，其中粉尘的含量高达3~5吨！这样多的粉尘，如不及时回收，让它随废气排出，就会严重污染大气，危害人民身体健康，影响附近农作物的生长，也会使工厂机械设备的磨损加剧。同时，废气中还含有许多有用物料乃至稀有金属，如不回收，也是一项重大损失。例如，华新水泥厂一套水泥磨安装了一台5.6米²电收尘器，每年回收的水泥约有4000吨，价值20多万元，相当于一个小水泥厂的年产量。可见，做好收尘工作，是搞好环境保护，巩固工农联盟，发展生产，降低生产成本的一项重要内容，具有重大的政治意义和经济意义。

解放以来，在毛主席革命路线指引下，党和国家对收尘工作十分重视，凡扬尘点较多的企业，都设有安全科、防尘科、环境保护办公室和三废利用办公室等各种专职机构。国家还对各扬尘点的粉尘浓度规定了具体要求（表1-1）。近年来各级领导部门、研究和设计单位作了大量工作并组织经验交流。许多厂矿，也在“独立自主，自力更生”的方针指引下进行试验研究，或自制收尘设备，为环境保护作出了贡献。

扬尘点粉尘浓度标准

表 1-1

扬 尘 点	含尘浓度极限(毫克/米 ³)
排气烟囱	150
作 业 点	2~6
居 民 区	日平均 0.05
	一 次 0.15

工业收尘的方法很多，如重力收尘，惯性收尘，旋风收尘，多管收尘，袋收尘以及湿法收尘（如水幕收尘，泡沫收尘），此外还有电收尘，颗粒层收尘，文丘里管收尘等。在国内的大、中型水泥厂中，普遍在回转窑窑尾装设电收尘器，也有较多的工厂在烘干机机尾装设了电收尘器，华新等厂在磨机机尾也装设了电收尘器。在冶金、化工系统中，电收尘器的应用也极为普遍。

电收尘器是利用高电压下的气体电离和电场作用力，使粉尘从废气中分离出来的收尘设备。由于这个电场力直接作用在烟尘上，所以它较之机械收尘动力消耗小，收尘效率高，一般可达95%以上，使用好的可以达到98~99%。不仅如此，它能处理较高温度和较高压力的烟气。布袋收尘器虽然也能获得较高的收尘效率，但目前仅能用在温度低于280°C的条件下，而国内电收尘器，已用于450°C左右的烟气。电收尘器还适合于处理大量的烟气，例如回转窑窑尾排出的废气量很大，假如采用袋式收尘器，则袋的数量需要几百个甚至几千个，维护和检修都有一定困难。而一个60米²的电收尘器每小时就可处理274000米³烟气体量，相当于许多个布

袋收尘器。

电收尘器正常工作时其高压电流值仅为几十至几百毫安，电耗较低。由于气体经过电收尘器的气体阻力仅为5~20毫米水柱，比袋式收尘器的气体阻力（一般为80~100毫米水柱）要小得多。因此，相应的排风机电耗也小。

电收尘器的日常维护工作比较简单，维护费用也比较低（表1-2、表1-3）。

电收尘器与袋收尘器经济技术指标比较

表 1-2

比 较 项 目	单 位	5.6米 ³ 电收尘器	框架式扁 袋收尘器	袖 袋 式 收 尘 器
允许含尘浓度	克/米 ³	不大于100	不大于60	不大于60
最佳收尘效率	%	99.84	98.0	98.0
过滤阻力	毫米水柱	5~10	80~100	80~100
风 量	米 ³ /小时	12000~15000	13000	8000~10000
供电电源耗电量	度/小时	5	—	—
风机耗电量	度/小时	8	13	13
帆布消耗	米/年	—	2500	1200
投 资	万元	2.5①	1.35	1.1
维护费用	万元	0.127	1.0035	1.24

① 因是自制设备，投资中不包括人工费用。

电收尘器虽然有上述一些优点，但也有下述缺点：

1) 一次投资大。它的初次投资包括电气设备、机械设备和土建费用在内，每平方米断面积约1万元。当然，有的工厂采取技术革新简化电收尘器结构，其费用可大为降低。

2) 对于某些性质的粉尘，收尘效果不好。当粉尘的比电阻值低于 10^4 欧姆-厘米，或高于 2×10^{10} 欧姆-厘米时，如不采取其他改进措施，则电收尘器的效果就不理想。

几种常用收尘器的性能和经济指标

表 1-3

分 类	型 式	处理粉尘 的 粒 度 (微米)	压力损失 (毫米水柱)	收尘效率 (%)	电 能 耗 耗 (度)	净化1000 米 ³ 气体 用 费 (元)	优 点	缺 点
重 力 收 尘 器	沉降室	50~1000	5~15	40~60	—	—	价廉,结构简单, 压力损失小,磨损 少,维护容易,不 须运转费用	不能捕集细微尘 粒,收尘效率低
	百叶窗式	10~100	30~70	50~70	0.25	0.13	价廉,结构简单, 可处理高温气体, 不须运转费用	不能捕集细微尘 粒,收尘效率低
离 心 收 尘 器	单旋风筒	15~100	50~150	70~90	0.275	0.13	设备费少,可处 理高温气体,效率 较高,容易操作, 适应于含尘浓度高 的气体	压力损失大,不 适用于温度高、粘 着性强和腐蚀性气 体
	多 管 收 尘 器	5~100	50~100	85~95	0.31	0.16		
过 滤 收 尘 器	布袋式	0.1~20	80~120	90~99	0.55	0.36	收尘效率高,维 护较简单,含尘浓 度不影响收尘效率	占地面积大,滤 布消耗大,不适 用于高温和湿度大 的气体
电 收 尘 器	干 式	0.05~20	10~20	85~99	0.2	0.28	收尘效率高,可 处理高温和湿度较 大的气体,压力损 失小	设备复杂,占地 面积大,使用受粉 尘导电性质的限制

注:表中净化1000米³气体的费用是折合估算值,只作对比参考。

3) 管理电收尘器，要求有较高的操作技术和严格的管理制度。

近十余年来，我国电收尘器的设计和研究工作得到了迅速发展，应用范围日益扩大，广大工人和技术人员，在毛主席革命路线指引下，对电收尘器做了大量的技术革新和研究工作。在电极型式、整流方式、振打装置、气流分布等方面都有改进和提高。高压硅整流设备和各种可控硅自动调压装置的应用，改善了电收尘器的操作条件，提高了收尘效果。尤其是使用了可以自动跟踪电场火花电压的供电系统，为电收尘器的自动控制和进一步提高收尘效率，闯出了一条新路。

电收尘器在许多工业部门已不单纯作为一个收尘装置，而是工艺流程中必不可少的工艺设备，在有色冶金部门，经常作为回收稀有金属的装置。水泥工厂中，也利用电收尘器回收回转窑的窑灰制造钾肥。这就给电收尘器的应用，开辟了更加广阔的前途。

第二章 电收尘器的工作原理

如前所述，电收尘器是利用高电压下的气体电离和电场作用力，使粉尘从废气中分离出来的收尘设备。因此，要了解电收尘器的工作原理，必须了解高电压下气体的电离和电场的基本概念，进而才能说明粉尘是怎样从气体中收下来的，而所有这些又同物质的结构密不可分。下面，我们先简单地介绍物质的原子结构。

第一节 物质的原子结构

世界上一切物质都是由分子组成的。分子是保持物质的化学及物理性质的最小颗粒。它的体积很小，例如 334 万亿亿个水分子的体积只有 1 厘米³。

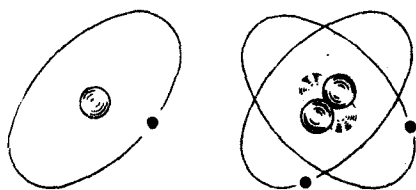
分子虽小，但它又是由更小的颗粒——原子构成的。世界上有千千万万种物质，就有千千万万种分子。但是这么多分子，都只是由种类不多的原子所组成。化学性质相同的原子，又总称为元素（如氢元素中包括氢、重氢、超重氢）。到目前为止，已发现的元素有 105 种。因此，世界上的物质，都是由这 105 种元素的原子组成的。

物质的分子，既可以由同一元素的原子组成，也可以由不同元素的原子组成；既可以由一个原子组成，也可以由两个、三个甚至更多的原子组成。例如空气中数量很少的惰性气体：氦（He）、氖（Ne）、氩（Ar）、氪（Kr）、氙

(Xe)，它们的分子就是由一个原子组成的，叫做单原子分子；氧气(O_2)、氮气(N_2)、氢气(H_2)，它们的分子是由同一元素的两个原子组成的，属于双原子分子；水蒸气(H_2O)、二氧化碳(CO_2)，是由不同元素的三个原子组成的，属于三原子分子。

随着人们对物质结构的进一步认识，知道每个原子的中心有个带正电的核，称为原子核，在核的外围，随着元素的不同，各有一定数量的电子绕核转动，它们带负电。在每个原子中，原子核所带正电荷又和电子所带的负电荷的数量相等。

所以从整个原子来看，正负电荷对外界



氢原子结构示意图

氦原子结构示意图

图 2-1

的作用互相抵销，显不出电的性质，属于中性，如同没有带电一样。图2-1绘出氢和氦两种元素的原子结构示意图。

电子是比原子核小得多的基本粒子，它的质量比原子核也要轻得多，一个电子的质量只有一个带同等电荷的氢原子核重量的 $1/1840$ ，所以原子的质量，基本上集中在原子核中。

电子绕原子核转动，是属于微观的分析，正如同在宏观的宇宙中行星绕着太阳转动是相似的，这是自然界的现象。可以作一个这样的比喻，假若把一个氢原子放大许多倍，达到一个房间大小的话，则原子核就相当于房间中间的一个乒乓球，而电子则相当于在房间中绕乒乓球回转的芝麻大小的灰尘颗粒。从这里可以看出，在物质的基本结构——原子

中，在原子核和电子之间还存在多么大的空隙。

电子绕原子核转动，也不是杂乱无章的，随着原子中电子数量的不同，它将会按一定规律分成不同的层数，最少的为一层，最多的为七层。越是外层的电子，离开原子核越远，它的位能也就越大。这个情况正如同一块石头抛离地面越高，它的位能也就越大，落到地面时，它的冲击力也越大一样。所以距离原子核远的电子层，称为高能级电子层，距离原子核近的电子层，称为低能级电子层。

前面已经提到，各种元素的原子，对外不显出电性，呈现中性的性质，由原子组成的分子，一般也是中性的，常称为“中性分子”。

但是有些物质如水（ H_2O ），氯化氢（ HCl ）等，由于组成它们的两种原子在结合成分子时，公共电子所处的位置，不在两种原子的正中间，而偏向于氧或氯一边，这就使得在它们的分子中，总的看来，氢原子的一端显出正电性，氧或氯原子的一端显出负电性，分子中的电性出现了不平衡的现象，这种出现了电极性的分子称为“极性分子”，极性分子的正极端，会吸引负电荷，负极端会吸引正电荷。因此极性分子的荷电能力，比中性分子大得多。

当中性分子处在电场中时，由于电场力的作用，分子和原子中的正负电荷，还会依电场方向向两极少许分离一些，使分子的一端显出正电性，另一端显出负电性，这种现象叫分子的“极化”。极化分子的荷电能力，比没有极化的分子要大。

物质被极化的难易程度，在电工学上以介电常数来表示，即物质愈易被极化时，介电常数愈大，它的颗粒在收尘电场中抓住电荷的能力和它可能的最大荷电量也愈大。

下表列出当电场内充满一种符号的带电粒子（离子）时，不同大小和不同介电常数的粉尘，可能的最大荷电量。

不同大小和不同介电常数的粉尘在电场中最大荷电量

表 2-1

粒子半径 (微粒)	介电常数	粒子所获得的电子数目		
		在 电 场 作 用 下		由于离子 扩散荷电
		$E=1500$ 伏/厘米	$E=3000$ 伏/厘米	
0.2	1	4	8	38
	4	8	16	
	∞	13	26	
1.0	1	105	210	207
	4	210	420	
	∞	314	628	
10	1	10500	21000	2100
	4	21000	42000	
	∞	31400	63000	

∞ —无穷大； E —电场强度。

第二节 气体的电离

从物理学的分析知道，物体作圆周运动时，将受到离心力的作用。同样，当电子绕原子核旋转时，也会受到离心力的作用，使电子企图脱离原子核而飞出去。但是它又受到原子核所带正电荷的吸引，吸引力克服了离心力使电子束缚在原子核周围绕核旋转，因此，这些电子是不能自由行动的，叫做束缚电子。但是，最外层轨道上的电子，由于离开原子核最远，与核的联系也最弱，所以它比较容易受撞击或外力

影响而脱离原子核的束缚，在这个情况下，脱离出去 的电子，就成为带负电的“自由电子”。这些自由电子有些还会附着在其他颗粒或分子上，使它们也成为带负电的质点，称为“负离子”。原来的气体分子，在失掉了一个电子以后，就多出一个正电荷，呈现带“正电”的性质，称为“正离子”。这种使中性气体分子，分离为正离子和负离子（包括自由电子）的现象，称为气体的“电离”。

在电离进行的同时，当低能级轨道上的电子，受到外力的作用，如果只吸收了较少的能量，常常并不能脱离原子的束缚变成自由电子，而只能跳到较高的能级轨道上去，这种现象称为原子的“激发”，它是在气体电离时，伴随出现的一种普遍现象。

一、空气的电离

空气是不易导电的，是一种良好的绝缘体。虽然在通常的大气中，由于X射线、紫外线、宇宙射线和地球本身某些放射性元素的照射，其他高能粒子的撞击和高温等作用，会有极少量的气体分子被电离成自由电子和正负离子。但是它们不断地产生又不断地复合。在平衡状态时，一立方厘米的空气中，大致含有 1500 对离子。在日常生活中，1500 对这个数目，虽不算小，但是它和一立方厘米空气中的气体分子数 2687 亿亿个相比，简直是微不足道，它们不会使空气失去绝缘的性质。如果我们在空间放入两块相隔一定距离的金属板，并加上电压后，这些空气中的微量正负离子，就会依电场作用力的方向，向电极运动，形成极微量的电流。此外，当这些自由电子和离子向电极运动时，还免不了会与其他中性分子发生碰撞。在电压较低时，自由电子和离子的运动速度较低，故碰撞之后，又互相弹开，不起别的

作用，这种碰撞属于“弹性碰撞”。但是当两个极板间所加的电压逐步升高时，气体中这些微量的自由电子和离子，它们的运动速度也就随着增加，电压愈高，速度愈大。特别是自由电子，由于它比其他粒子的体积小，在电场中运动时与其他质点发生碰撞的机会少，因而每次加速的平均路程长，同时它的质量虽小，而荷电量又与一个带正电荷的原子核一样，因此，它得到的速度和聚集的能量就更大。例如一个电子在经过1伏特的电场加速以后，其运动速度达593千米/秒（电子运动速度与所经过的电场电位差的关系，可以近似写成：速度 $=600\sqrt{V}$ （伏）千米/秒）。高速运动的电子已经具有很大动能。当它的速度增大到某一限度——临界速度时，它们再和气体分子发生碰撞，就能从中性气体分子中，打出新的电子来，造成气体新的电离，这样的电离称为气体的“碰撞电离”，这种能使空气开始产生“碰撞电离”而存在的电子，称为“点火电子”。这种碰撞属于非弹性碰撞。新产生出来的电子，或者独立存在，或者也附着在其他中性气体分子上，成为负离子，失掉了一个电子的气体分子，就成了正离子。这些新产生的自由电子和原来的点火电子，仍然处在同一强度的电场中，因此它们又被电场继续加速，直到临界速度或以上，并在碰撞另外气体分子时，再次打出新的自由电子，使气体分子产生新的电离。新产生的自由电子仍然又会一次又一次地使电离继续发展。循此继续下去，可以看出，当电压增高，电离开始产生后，新的自由电子和正负离子就会象雪崩一样地连续产生，它在一瞬间就使气体的电离区域里充满了自由电子和正负离子，这就是绝缘气体在强电场下电离的情况。空气中产生了大量正负离子以后，正离子会向负电极方向运动，负离子和自由电子会向正极方向运动，两者都