

电除尘设备对稀酸净化工序长周期稳定运行的保证

泰兴电除尘设备厂有限公司 纪鹿鸣

【摘要】为了保证稀酸净化工序长周期稳定运行，电除尘器必须连续可靠运转。设计、制造安装、操作维护三方面人员共同努力，电除尘器就能开好。

【关键词】 酸洗净化 稳定运行 电除尘器

1、前言

目前，硫铁矿制酸和有色冶炼烟气制酸的净化工序均为稀酸洗涤流程，前面配有高温电除尘器。电除尘器是用来除去高温炉（烟）气中的粉尘的，捕集的粉尘干法排出，用于后加工。如果电除尘器失效，大量的粉尘带入净化工序，使洗涤酸中固含量特别高，净化指标得不到保证。污酸的排放量大大增加，处理麻烦，还可能导致净化设备的堵塞，妨碍系统的正常运行。电除尘器开好了，净化工序的负荷减轻，各项净化指标就能得到保证。

2、保证稀酸净化工序长周期稳定运行的条件

保证稀酸净化工序长周期稳定运行，电除尘器必须连续可靠运转，通俗地说就是“一直开着，送得上电”，而不是开开停停，经常有一个电场甚至二个电场送不上电，更不能因电除尘器的故障影响系统停车。至于出口含尘量指标则是第二位的。通常，电除尘器能正常送电，出口含尘量就可以达到设计要求。即使由于某些原因出口含尘量稍稍高出设计指标，也不会影响正常生产，因为净化工序有能力处理，特别是大型硫酸生产装置中一级净化设备都选用动力波洗涤器，允许进口含尘量的波动范围较宽。

如何才能使电除尘器连续可靠运转呢？设计合理、制造和安装质量符合要求是前提，控制好工艺条件、精心操作和维护则是必不可少的。

3、合理的设计

3.1 设计条件

目前，电除尘器都是用户或设计单位提出条件和要求，设备制造厂负责设计，提给的设计条件有些尚可商榷。

3.1.1 出口含尘量

出口含尘量指标从上世纪使用电除尘开始，就约定了硫铁矿制酸电除尘器出口炉气含尘量为 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。从长期实践看，这个指标完全满足生产工艺的要求。生产中稀酸净化工序沉降器底流污酸排放量并不是由污泥（尘量）来决定的，而是由砷、氟等杂质在液相中的平衡来决定的。硫铁矿制酸炉气中粉尘主要是氧化铁，氧化铁粉尘的比电阻约 $10^9\sim 10^{10}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，适宜用电除尘器除尘。而有色金属氧化物的粉尘比电阻较高，例如氧化铅和氧化锌粉尘的比电阻可达 $10^{11}\sim 10^{12}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，粒径又细，是用电除尘器的不利因素，好在烟气中足够的 SO_3 ，是理想的调理剂，采用电除尘器仍有较高的除尘效率，但比捕集氧化铁粉尘的效率要低一些。因此有色冶炼电除尘器的烟气出口含尘量要高一些。笔者在刊登于《硫酸行业》2007年第3期“浅谈铜铅冶炼电除尘器的烟气进口温度和出口烟气含尘量指标的选定”一文中曾提出：“铜冶炼出口含尘量根据不同情况定为 $500\sim 800\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，除尘效率 98%左右，而铅冶炼出口含尘量一般定为 $700\ \text{mg}/\text{Nm}^3$ ，除尘效率 97%。”这个意见仅供设计和使用单位参考。我们在接受硫铁矿制酸电除尘器设计制造任务时，有的单位要求出口含尘量 $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，这种要求看起来似乎是追求电除尘器技术的“先进”，其实并不经济合理。须知，出口含尘量从 $200\ \text{mg}/\text{Nm}^3$ 降至 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，电除尘器必须增加一个电场才能达到，基建投资可能要增加 $1/4\sim 1/3$ 。

3.1.2 气体温度

电除尘器进口温度究竟多少为佳？我们不妨从出口温度来反推。首先估算出处理气体的露点温度，硫铁矿制酸炉气的露点温度一般在 $180\sim 240^\circ\text{C}$ ，在采用富氧冶炼后有色冶炼烟气的露点温度大都在 260°C 以上。要保持电除尘器内部各点的温度在露点温度以上，电除尘器的出口温度应高于露点 $\sim 50^\circ\text{C}$ ，若设备进出口温差为 $\sim 40^\circ\text{C}$ ，则进口气体温度应在露点温度以上 $\sim 90^\circ\text{C}$ 。在废热锅炉充分利用气体的热量的基础上，电除尘器的进口温度硫铁矿制酸可为 $320\sim 330^\circ\text{C}$ ，有色冶炼烟气则应为 $\sim 350^\circ\text{C}$ 。这样电除尘器壳壁和内部构件就不会因稀酸冷凝而腐蚀。实际运行时有的有色冶炼用户工艺条件与设计条件相差甚远，电除尘器进口烟气温度长期在 $260\sim 280^\circ\text{C}$ 之间徘徊，也不采取相应措施补救，运行时间不长，后电场的壳体钢板和灰斗板就腐蚀了。一些单位的电除尘器的进口温度不是控制的太高了，而是偏低了，超温引起内部构件变形等故障很少发现；而温度偏低，后电场构件腐蚀的现象却屡见不鲜。

3.2 设备大小

设备制造厂家承接设计制造任务时，是按提给的工艺条件和要求来计算设计的，确保设备的大小满足性能要求并留有适当的裕度。电除尘设备的大小本质上就是电场的容积的大小，一定的容积就可使气体在经过电场时有足够的停留时间。设计计

算时，设备的大小就是阳极板总集尘面积，按照总集尘面积试算，确定电场的有效截面积、电场数和电场长度。有的用户在求购电除尘器时把电场的尺寸定得很具体，还要求达到期望的除尘效率，往往两者之间并不相对应，规定的设备太小，不能达到要求的除尘效率。可能这是市场经济追求经济效益最大化中的一个反映吧。早在上个世纪中国环保产业协会电除尘委员会就呼吁电除尘制造厂家不要走进不顾除尘效率、低价竞争的恶性循环怪圈。低价中标的结果最终就是偷工减料，最后还是用户得不偿失。最好的办法是设计单位、业主、设备制造企业多多沟通，共同总结实践生产中的经验和教训，取得共识后选定设备的大小，避免生产线刚开车就出现瓶颈设备，达不到生产工艺的要求。单独由设备制造厂选定设备时，不能单单用价格作为唯一标准而决定取舍，重要的是性价比，性价比好的设备才是优质设备。

3.3 结构的改进

上个世纪七十年代以来，稀酸净化工序配用的新型高效电除尘器，总体结构上没有大的变化，都是板卧式钢壳外保温结构。极配上，阳极以 C-480 极板为主，少量的采用 Z24 极板，极线多为管状芒刺线。不过，设备的局部结构一直在不断改进和完善，专用件趋向采用虽然价稍高但质优的产品。

现将本公司设计制造的 LD 型电除尘器新的改进作一简述。

3.3.1 进口分布板

进口多孔板的开孔率是通过模拟试验来确定的，当做过一系列模拟试验后掌握了不同进口型式的分布板结构和开孔率后，则可按照实际情况配置分布板。如果烟气中粉尘比较粘，容易结块时，开孔率宜选大一点。使用中有些单位发现分布板的孔被堵塞，流体阻力大了，就拿掉一层或二层分布板，这种做法并不恰当。分布板起均流分布作用，只有气体在电场截面上流速均匀时，电除尘器的除尘效率才会高。电除尘器的流体阻力主要在分布板上，即分布板是靠阻力来均匀气流的。三层多孔板，每层起的作用不完全相同，第三层分布板面积最大，除了起均流作用，还起到回收部分动能的作用。选择均流性能好，流体阻力又小的分布板是十分重要的。

3.3.2 阴极线与框架的连接结构

阴极线安装在框架上，一端是固定的，另一端是可以伸缩的，以补偿因材料不同而产生的膨胀量差异。阴极线的固定端不再是阴极线管体和固定连接杆铆焊结构，而是将管端冲压成固定片的形状，直接与框架固接。这样，不但加工量少了，而且整体式更牢靠，增加运行时的安全性能。管状刺形线也从二齿沿变成了四齿，消除阳极板中间的部分的无电流区，使阳极板的板电流均匀，提高除尘效率。

3.3.3 夹层加热式阴极振打绝缘箱

阴极振打绝缘箱设置的电加热器是在开停车时给 95 瓷轴加热的，以前电加热管

直接伸入绝缘箱内，接触到工艺气体，当开停车次数多时，电加热器容易损坏，更换时需系统停车。夹层加热式是在绝缘箱两侧制作成一个夹层，电加热管插在夹层中，间接加热 95 瓷轴，不接触工艺气体，可大大延长加热器的工作寿命。即使加热管损坏，更换时不需要系统停车，十分方便。

3.3.4 连续轧制件无接头焊缝

进口分布板、出口槽型分布板、阳极上横梁等原来是压制件，然后按照需要的长度拼焊起来，现在均为轧制件。零件外形美观，质量提高，消除了故障隐患。

3.3.5 95瓷锥形绝缘套管

制酸电除尘器阴极吊挂绝缘子一直是选用锥形石英管，近几年在大型装置上改用了 95 瓷锥形绝缘套管。尽管 95 瓷的价格比石英的贵很多，大家还是乐意使用，因为它的性能优越寿命长。高温下，95 瓷的绝缘性能比石英制品好，机械强度高更显示出它的特点。单从弯曲强度看，石英为 50MPa，95 瓷为 250~280MPa，95 瓷的抗弯强度是石英的 5 倍以上。大型电除尘器阴极系统的重量大，在设备热胀冷缩的过程中吊挂绝缘子还可能要承受弯曲载荷，选 95 瓷锥形套管更为妥当。

3.3.6 灰斗上增设仓壁振动器

对于容易粘附在灰斗板上的烟尘，在灰斗外壁增设仓壁振动器，使灰斗壁不粘灰，排灰畅通。

3.3.7 灰斗伴热

大型电除尘电场较多，灰斗高度又高，后电场的灰斗下部容易结露，可以设置灰斗电伴热。一般情况下可以不设灰斗伴热，加强保温就可以了。

设备内部还有一些结构的改进，不在这里一一赘述。

4、优良的制造和安装质量

电除尘器的零件、部件、整机都必须符合质量要求，应该按国家行业标准进行检验，特别要注意以下几点：

4.1 阴极线和阳极板的平直度

出厂时阴极线和阳极板质量都是合格的，可能在运输和贮存过程中产生了变形，安装以前必须调整达到行业标准规定的要求。

4.2 焊缝质量

电除尘器构件的焊接要保证连接的强度，壳体侧板、进出气箱和灰斗板的焊接更要保证其气密性。电除尘标委会早就指出：“电除尘器壳体气密性主要还是靠在施工焊接时来加以保证。对壳体焊接工作要仔细、勤焊勤查、认真对待、严格把关。”电除尘设备厂家在施工要求中也都强调焊缝不得有未焊满、漏焊、缺肉、夹渣、裂

缝等缺陷，把焊接工序列为主要监控过程来控制。电除尘器在安装过程中，壳体进出气箱、灰斗钢板连接焊缝，相互之间接口焊缝，全部都要作渗油试验，使每条焊缝都严密不漏。

4.3 易漏气处的密封

如果电除尘器的漏气率超标，将出现严重后果：除尘效率下降；内部积灰；构件表面冷凝结露而腐蚀。为了尽量减少漏气，除壳体焊缝需有良好的气密性外，容易出现漏气的地方要特别注意密封。如，支撑锥形绝缘套管上下端面垫片及端侧填料要塞紧；振打轴伸出壳体处的填料密封需压紧；人孔门应严密不漏；排灰装置尽可能选用如溢流螺旋机这种锁气好的装置。密封用填料和垫片均要选用耐温、不易老化的材料。

4.4 极距的调整

经调整后电场内各点异极间距误差控制在规定的范围内，送电电压才能达到要求，电除尘器的除尘效率可以近似地看作是与送电电压的平方成正比，故电压的高低对除尘效率影响很大。

4.5 留有合理的膨胀空间

电除尘器整体的热胀冷缩是由支撑平面轴承有规律地移动来实现的。内部构件自身的热膨胀和因材料、截面不一样的膨胀差异必须可以补偿。例如，阳极振打锤打在振打砧上的落点，室温调试时应在振打砧中心偏下 $\sim 5\text{mm}$ ，升温膨胀后正好打在中心点上，阳极排、阴极线热膨胀时都必须有伸缩的空间，一旦膨胀受阻，将会造成严重变形而影响送电。

4.6 保温层密实

双层顶盖内的保温物料要填满填实，设备外部敷设的保温层，要把所有表面包住不仅钢板外表面包一定厚度的保温物料，加强型钢外部同样要包上保温物料。人孔门、振打绝缘箱等特别要注意要包严包实。搞好保温层和减少漏气是保证进出口温差在规定范围的两大举措。

5、供电装置的配套

选用适宜的高压供电机组和低压控制方式，可使电除尘器工作正常，效率提高。

6、精细操作和维护

6.1 生产工艺条件

工艺条件不能偏离设计条件太多，否则电除尘器将不能正常工作甚至会很快损坏。电除尘器设计时有一定的裕量，从经济性考虑，裕量一般为 $5\sim 10\%$ ，增产超过

裕度，运行的可靠性下降。温度和含尘量是影响电除尘器正常工作的重要因素。入口气体温度太高时，碳钢构件强度和刚度大幅下降，破坏性加大。温度太低，接近或低于露点温度时，电极上积灰打不下来，绝缘易失效，稀酸冷凝在构件表面造成腐蚀。含尘量过高，第一电场易形成电晕闭塞，二次电流很小，除尘效率下降。气体成份变化大时，电除尘器工作不稳定。SO₃含量高则粉尘发粘，附着在电极和绝缘子表面，严重时绝缘失效送不上电。生产中控制好工艺条件，对电除尘器正常运转而言是十分必要的。

6.2 电场送电

不同的高压供电装置都有手动和自动两种调节模式。如采用手动调节则要勤观察勤调节，以达到最佳工作状态。自动调节时则要根据工艺条件选好调节参数和设定量。设定量不是一成不变的，例如恒流源适用于工艺平稳的场合，设定的电流值需要根据生产状况及时调整。供电装置选用的好、使用时调节得又好，充分发挥设备和电气两个方面的潜力，即可获得最大的除尘效率。现在非常讲究节能，但首先还是要保证所需的除尘效率，牺牲除尘效率的节能是不可取的。

6.3 振打

振打机构正常运行，阳极板和阴极线上不积尘，电场才能正常送电。振打轴及振打锤都在设备内部，外部只能看见减速机电机，振打机构是否正常运行，需仔细检查才能发现。定时检查、及时消缺，才能保证各部位振打机构的正常运行。

6.4 排灰

无论采用何种类型的输、排灰机构，既要保持排灰畅通，又要密封不漏气。溢流螺旋排灰机应保持一定高度的溢流料封，不被抽空，不影响排灰，刚开车时要先填好料封。及时检查灰斗内是否积灰。排灰不畅或灰斗内架桥，都可能造成灰斗满灰，严重时堆积到电场，沟通两级，使电场送不上电，不得不停车捅灰。此类故障曾在多处出现过。

6.5 巡回检查和及时消缺

电除尘器可实现自动操作，但不代表不需要检查，要设立电除尘岗位，配备操作人员，定时做好记录，定期巡回检查，不得少于1次/时，发现问题及时处理。充分利用计划停车时间，对设备进行维护。

7、结束语

设计、制造安装、操作维护三方面人员共同努力，一定可以把电除尘器开好，从而保证稀酸净化工序长周期稳定运行。