

电除尘行业 2016 年发展报告

(中国环境保护产业协会电除尘委员会)

目录

1 行业发展现状.....	1
1.1 行业发展环境.....	1
1.2 电除尘行业发展现况.....	2
1.3 行业经营状况.....	2
1.4 行业技术发展及应用情况.....	4
1.4.1 电力行业.....	4
1.4.2 建材行业.....	6
1.4.3 钢铁行业.....	7
1.4.4 有色冶金、化工等行业.....	8
2 行业发展存在的主要问题及对策建议.....	9
2.1 水泥行业电除尘应用存在的问题.....	9
2.3 解决对策及建议.....	10
3 行业发展展望.....	10
3.1 国际市场情况.....	10
3.1.1 中国“一带一路”战略将带动电除尘国际市场.....	10
3.1.2 印度电除尘市场新建项目将减少，但改造市场具潜力.....	11
3.1.3 韩国、美国和欧洲电除尘市场准入难，市场规模小.....	11
3.2 电力行业市场情况.....	12
3.2.1 市场现状分析.....	12
3.2.2 市场预测.....	12
3.3 建材行业市场情况.....	13

摘要：综述了我国电除尘行业的发展环境，简述了 2016 年电除尘行业发展现状及经营状况，介绍了本年度电除尘技术的应用情况，针对行业发展中存在的主要问题提出了对策及建议。

关键词：电除尘；行业发展；技术应用；对策建议

中图分类号：X324 **文献标志码：**A **章编号：**1006-5377（2017）05-0014-08

1 行业发展现状

1.1 行业发展环境

我国环保产业经过 30 多年发展，已在污水、大气、固体废弃物处理及环境服务等重点领域，形成了涵盖环境咨询、环保设备、工程设计、设施运营维护的多元化产业格局。随着环保产业的迅猛发展，我国环境污染状况在一定程度上得到了控制，但整体形势仍不乐观，新的环境问题日益凸显。在大气污染方面，PM_{2.5}、PM₁₀ 污染最为突出。环境保护部于 2016 年 5 月 20 日发布的《2015 年中国环境状况公报》显示，2015 年我国 PM_{2.5} 年均浓度 50 μg/m³（超过国家二级标准 0.43 倍），全国 338 个地级以上城市达标比例为 22.5%；PM₁₀ 年均浓度 87 μg/m³（超过国家二级标准 0.24 倍），全国 338 个地级以上城市达标比例为 34.6%。我国的能源结构是“富煤、缺油、少气”，在未来相当长时期内，以煤为主的能源供应格局不会发生根本性改变。燃煤过程产生的污染是我国环保行业要解决的重点问题。

国家高度重视环境污染控制工作，近年来先后出台了《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）、《大气污染防治行动计划实施情况考核办法（试行）》（环发〔2014〕107 号）、《燃煤节能减排升级与改造行动计划（2014-2020 年）》（发改能源〔2014〕2093 号）、《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》（环发〔2015〕164 号）等相关文件，燃煤电厂超低排放全面实施，同时颁布了严格的火电厂、钢铁厂、污水处理厂等行业污染物排放新标准。尤其是 2016 年陆续出台了系列政策和法规，如 2016 年 1 月 1 日，新修订的《中华人民共和国大气污染防治法》开始实施，对产生大气污染的生产和服务活动提出了防治要求；2016 年 3 月 17 日，全国两会授权发布《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，提出“环境治理保护重点工程”；2016 年 7 月 2 日，十二届全国人大常委会第二十一次通过修改《中华人民共和国节约能源法》等法律的决定；2016 年 12 月 22 日，国家发展改革委、科学技术部、工业和信息化部、环境保护部联合印发《“十三五”节能环保产业发展规划》，目标到 2020 年，高效节能环保产品市场占有率明显提高，一批关键核心技术取得突破，节能环保产业成为国民经济的一大支柱产业；2016 年 12 月 25 日，十二届全国人大常委会第二十五次会议通过《中华人民共和国环境保护税法》，将于 2018 年 1 月 1 日实施，拟针对大气

污染物、水污染物、固体废物及噪声全面开征环境保护税，并制定了详细的收费标准。

1.2 电除尘行业发展现状

目前我国电除尘器在电力行业应用最多，“十二五”期间，电力行业电除尘器市场的占有率约占 80%，近年来比例有所下降。根据中电联数据，截至 2015 年 12 月，电除尘器总装机容量约为 6 亿 kW，市场占有率约为 68.56%。在建材水泥行业，电除尘器市场占有率为 16%~18%；在黑色冶金行业中，除烧结机机头除尘、转炉炼钢干法一次除尘、球团回转窑主除尘和鼓干除尘必须采用电除尘器之外，其他应用中电除尘的市场份额不高，有色冶金、化工等行业电除尘器市场占有率相对高一些。

自 2015 年始，燃煤电厂烟气污染治理全面实施超低排放，电除尘器还是燃煤烟尘治理的主流技术，主要有低低温电除尘及湿式电除尘技术。有一定规模的企业开始通过自主研发或引进湿式、低低温电除尘技术进入电力市场。电力行业电除尘市场以菲达、龙净等龙头企业为首，中、小企业的加入使得市场出现了低价竞争的局面。

建材及冶金行业电除尘器的应用仍然有限，有色冶金、化工行业电除尘市场占有率较高，但总体份额不大。

随着环保要求的进一步提高，尤其是燃煤电厂烟气超低排放实施以来，环境治理力度加大，2016 年电力行业电除尘市场需求出现了高峰。而冶金、建材等行业经济形势在经过几年低迷状态后开始复苏，电除尘市场有望回暖。

1.3 行业经营状况

对行业 53 家企业的 2016 年经营状况进行了调查统计，如表 1 所示。

表1 2016年行业企业经营状况统计表

项目	本体	电源及配套件	合计	
合同总额(亿元)	259.5892	61.5077	321.0969	
总产值(亿元)	225.7367	44.8271	270.5638	
环保销售收入(亿元)	205.6104	52.9024	258.5128	
环保纳税(亿元)	12.8683	1.2807	14.1490	
环保利润(亿元)	12.3551	11.4998	23.8549	
环保出口(亿元)	5.1644	1.0486	6.2130	
产品分类	本体产值(亿元)	113.2355	2.9994	116.2349
	电源产值(亿元)	8.6389	9.3753	18.0142
	电袋产值(亿元)	24.3970	—	24.3970

其中，本体企业 30 家，合同额达到 259.5892 亿元，总产值 225.7367 亿元，环保销售收入 205.6104 亿元，出口额 5.1644 亿元；23 家电源及配套件企业合同额为 61.5077 亿元，总产值 44.8271 亿元，环保销售收入 52.9024 亿元，出口额 1.0486 亿元。

预计 53 家企业的产值约占全国电除尘总产值的 90%，2016 年全行业环保销售收入约为 287.2364 亿元，全行业出口额约为 6.9033 亿元。

由于电除尘行业骨干企业中多数实行多种经营，电除尘器产品占环保销售收入的 55% 计，则 2016 年全国电除尘销售收入约为 157.98 亿元。

为了真实反映全国电除尘器的产值，本次调查中，被调查企业在填写行业调查表时，将各种产值分别单列。调查的 53 家企业，本体产值累计 116.2349 亿元，电源产值累计 18.0142 亿元，电袋复合除尘器产值累计 24.3970 亿元。

历年来电除尘行业排名前 13 的骨干企业经营状况如表 2 所示。

表2 历年行业排名前13骨干企业经营状况表

年度 (年)	工业总产值 (亿元)	环保销售收入 (亿元)	出口 (亿元)	环保销售比 上一年增幅 (%)
2000	18.2086	13.5215	0.5565	-
2005	63.8600	50.2166	1.5710	27.22
2006	76.4290	58.4358	6.0661	14.38
2007	101.4290	73.0137	8.3720	27.12
2008	130.68714	86.6934	95.5228	18.73
2009	150.8676	83.8329	110.1560	-3.4
2010	118.9793	96.9560	21.4323	15.79
2011	128.2250	99.5066	21.4964	2.6
2012	118.5522	101.5857	10.4947	2.1
2013	150.5339	144.3441	16.1316	42.09
2014	160.4935	145.5423	8.4980	0.83
2015	171.4817	160.9347	9.9299	10.58
2016	204.2020	172.5114	4.2882	7.19

从统计数据可以看出：1) 电除尘行业的龙头企业菲达、龙净较去年占有更大份额，约占全行业的 39.2%；2) 2016 年本体产值比 2015 年上涨 8.2%，电源产值下降 3.47%；3) 2016 年出口值比 2015 年下降 53.33%。

从 2016 年的调查情况来看，电除尘器总的市场与上一年度比较略有提高，出口额大幅下降，分析如下：1) 电除尘的主要市场还是在燃煤电厂，而低温电除尘技术、湿式电除尘技术、高效电源等的应用依然是市场的热点；2) 近几年电除尘总的市场基本处于一个稳定的状态。本年度龙头企业菲达、龙净因电力市场占有率较上年度有一定提高外，其它企业或持平或略有下降，规模较小的企业下降幅度大一些。市场有出现两级分化的趋势；3) 2016 年是燃煤电厂超低排放计划出台后的第三年，电力行业电除尘市场需求出现了高峰。而有色冶金、黑色冶金等行业随着经济形势的复苏电除尘市场开始出现上升势头；4) 国际市场的电除尘销售份额大幅下降。我国电除尘技术还未完全走出国门，电除尘的出口是未来企业需要重点关注的方向。

1.4 行业技术发展及应用情况

1.4.1 电力行业

电除尘器运行可靠、维护费用低、设备阻力小、除尘效率高且干式电除尘器无二次污染，但干式电除尘效率和出口烟尘浓度易受煤、飞灰等成分变化的影响。“十二五”期间，通过优化工况条件，改变除尘工艺路线，在解决反电晕和二次扬尘等方面开展了大量研究，开发出了大批高效新型电除尘技术，使电除尘技术适应范围显著扩大、除尘效率持续提高。菲达环保、龙净环保等行业龙头企业，以及清华大学、浙江大学等高校，依托“863”计划、国家科技支撑计划、国家重点研发计划等重大项目（课题），对电除尘新技术进行了深入研究。目前我国燃煤电厂烟气治理技术实现了较大突破，以超低排放技术为核心，烟气治理技术呈现多元化发展的趋势，主要有低低温电除尘及湿式电除尘技术。另外，旋转电极式电除尘技术、粉尘凝聚、烟气调质、隔离振打、分区断电振打、高频电源、脉冲电源、三相电源、超净电袋复合除尘等电除尘技术也有应用。

（1）低低温电除尘技术

低低温电除尘技术通过烟气冷却器降低烟气温度至酸露点以下，降低粉尘比电阻，同时使低低温电除尘器击穿电压升高、烟气量减小，除尘效率大幅提高，并去除大部分的SO₃，且低低温电除尘器的出口粉尘粒径将增大，可大幅提高湿法脱硫的协同除尘效果，并通过优化湿法脱硫关键部件结构、布置方式等提高其协同除尘效率达70%以上，协同控制技术于2014年被列入国家科技支撑项目。此外，调温循环节能系统(LGGH)工艺的研究也在加快推进。目前，我国自主开发的低低温电除尘技术已取得十几项专利，经省部级鉴定“综合性能和技术水平达到当前国际先进水平”，并被科技部认定为“国家重点新产品”。

在“超低排放”的背景下，该技术已取得较成功的应用，如华能长兴电厂2×660MW机组为国内首台不依靠湿式电除尘器实现烟尘超低排放的新建机组，2014年12月中旬投运，经测试，电除尘器出口烟尘浓度约12mg/m³，脱硫后烟尘、SO₂、NO_x排放浓度分别为3.64mg/m³、2.91mg/m³、13.6mg/m³，湿法脱硫的协同除尘效率约70%。华能榆社电厂300MW机组，2014年8月上旬投运，经测试，电除尘器出口烟尘浓度为18mg/m³，经湿法脱硫系统后，烟尘排放浓度为8mg/m³。该技术在中电投新昌700MW机组、国投北疆1000MW机组等一大批大型火力发电机组上的应用，不但实现了20mg/m³以下的出口烟尘浓度，还通过烟气余热回收利用，使供电煤耗降低超过1.5g/kW·h，达到了节能减排的双重目的。

根据中电联火电厂环保产业登记数据，截至2015年12月，投运及在建的低低温电除尘器超过150台套，总装机容量约95,000MW，其中投运约70台套，总装机容量超40,000MW，已有单机1000MW机组的低低温电除尘器投运。

（2）湿式电除尘技术

湿式电除尘器按阳极板的结构特征可分为板式湿式电除尘器和管式湿式电除尘器。

板式湿式电除尘器主要指金属板式湿式电除尘器，管式湿式电除尘器主要指导电玻璃钢管式湿式电除尘器。

湿式电除尘器与干式电除尘器除尘原理相同，都经历了电离、荷电、收集和清灰四个阶段。与干式电除尘器不同的是，金属板式湿式电除尘器采用液体冲洗集尘极表面来进行清灰，导电玻璃钢管式湿式电除尘器采用液膜自流并辅以间断喷淋实现阳极和阴极部件清灰，而干式电除尘器采用振打或钢刷清灰。在湿式电除尘器里，水雾使粉尘凝并，荷电后一起被收集，收集到极板上的水滴形成水膜，可以使极板保持洁净。其性能不受煤灰性质影响，没有二次扬尘，没有运动部件，因此运行稳定可靠，除尘效率高。此外，湿式电除尘器对 SO₃、PM_{2.5} 等细微颗粒物有很好的脱除效果，能够消除湿法脱硫带来的“石膏雨”“蓝烟”酸雾等污染问题，还可缓解下游烟道、烟囱的腐蚀，减少防腐成本。

目前已投运的湿式电除尘器项目均保持稳定、高效运行，且减排效果良好。以湿式电除尘技术为核心技术路线已成为我国燃煤电厂实现烟气超低排放的主流技术路线之一。广州恒运电厂 9 号机（330MW）改造工程湿式电除尘器出口颗粒物排放浓度为 1.94mg/m³，为广州首台湿式电除尘器的成功示范工程应用；神华国华舟山电厂二期 4 号机（350MW）新建工程湿式电除尘器出口颗粒物排放浓度为 2.55mg/m³，为国内首台（套）湿式电除尘器的成功应用项目；国华定州电厂 3 号机（660MW）改造工程湿式电除尘器出口颗粒物排放浓度为 2mg/m³；三河电厂#4 机组湿式电除尘器出口颗粒物排放浓度为 0.41mg/m³，液滴浓度为 2.7mg/m³。

目前，国内湿式电除尘器合同订单为国外投运数量总和的 4 倍，投运湿式电除尘器已远超过其他国家投运数量的总和。根据中电联火电厂环保产业登记数据，截至 2015 年 12 月，投运及在建的湿式电除尘器超 400 台套，总装机容量约 19 万 MW，其中投运的超 180 台套，总装机容量超 9 万 MW，且有多套单机 1000MW 机组投入运行。

（3）旋转电极式电除尘技术

国内相关企业“十一五”末建成热态旋转电极式电除尘中试装置、旋转电极式电场等试验装备，在此基础上完成了大量试验验证，全面掌握了核心技术，攻克了设备的可靠性、零部件的使用寿命、选型设计的准确性等多项技术难点，并对阳极板同步传动方式、清灰刷组件结构等进行了创新设计，提高了设备的可靠性。同时，针对旋转电极式电除尘的主动轴、链条、链轮、清灰刷、旋转阳极板等关键零部件的设计、材料选取、热处理、加工工艺等做了进一步研究和优化设计，使设备的可靠性和零部件的使用寿命得到了充分的保证。菲达环保承担的国家高技术研究发展计划（“863”计划）“燃煤电站 PM_{2.5} 捕集增效优化技术与装备研制”课题中，对该技术进行了深入的研究。该技术成果已在数十套大中型机组应用，截至 2016 年底已签订的 300MW 及以上机组旋转电极式电除尘器的合同装机总容量超 60,000MW。国家资源节约和环境保护项目“大型燃煤电站配套旋转电极式电除尘器产业化项目”也已通过验收。

（4）电除尘供电电源技术

在工业应用中，高频电源可以提高电除尘器的除尘效率，一般烟尘减排可大于 30%，在性能不变的前提下，可减少电除尘器供电电能 50%~80% 甚至更高。经过几年发展，高

频电源已经作为电除尘供电电源的主流产品在工程中广泛应用，产品容量 32~160kW，电流 0.4~2.0A，电压 50~80kV，已形成系列化设计，并在大批百万千瓦机组电除尘器中应用。当前，我国高频电源总体水平已接近国外先进水平，且出口欧洲、非洲等地区。脉冲高压电源作为除尘供电电源最重要的方向之一，国内外对其工业应用的研究从未停止过。我国自上世纪 90 年代初制成工业样机试运行以来，经过多年沉寂后重新开始重视和研发该项技术，2014 年终于研制成功基于新型大功率半导体开关器件 IGBT 的 SuPulse 型脉冲高压电源，并已在多个电厂的电除尘器配套应用，大幅度提高了除尘效率，粉尘减排效果优于高频电源，对于高比电阻粉尘，改善系数可达 1.2 以上。同时，电除尘节能优化控制、三相工频高压电源、中频电源等电源技术的快速发展，也推动了电除尘节能减排性能的深度优化。

（5）其他电除尘技术

粉尘凝聚、机电多复式双区电除尘技术、烟气调质、隔离振打、关断气流断电振打等一批新型电除尘技术，已在国电谏壁 1000MW 机组、广东平海 1000MW 机组、焦作龙源电厂 2×660MW、宣城电厂 600MW 机组等大型燃煤机组烟气除尘工程中应用，较好地实现了细颗粒物的捕集。此外，这些技术在不同烟气工况条件下的组合应用，也成为了我国应用电除尘实现超低排放控制的重要技术手段。

1.4.2 建材行业

2016 年国内建材行业的电除尘技术主要应用在提效改造市场。海螺水泥集团盈利水平始终高居行业之首，鉴于电除尘器的经济运行特性，长期坚持不采用袋式除尘技术，是电除尘器应用效果最好的企业，2016 年已经引起业内其它水泥集团效仿，在改造中首选电除尘器方案，因此电除尘器的市场份额有逐渐扩大之势。

目前国内建材行业的电除尘技术以鲁奇电除尘技术为主，在此基础上西矿环保根据实际情况对其进行了多项改进和创新，比如振打机构改为拨叉振打、极线改为增强型整体线，使得电除尘器运行更加可靠稳定，故障率大幅减少，并得到各使用企业的一致认可。

此外，西矿环保对电除尘技术在水泥工况的应用研究还表现在以下几个方面：

- 1) 进行了水泥工况条件下的电除尘器扩容提效研究；
- 2) 针对不同电场使用放电性能不同的极线配置，提高除尘效率；
- 3) 高效电源特别是三相电源的选用及降压振打技术；
- 4) 进行增湿塔喷水精细化分析，改善烟气调质技术；
- 5) 冷却机烟气采用蒸汽调质，有效提高除尘效率；
- 6) 进行除尘系统（包括非标管道）的气流分布模拟技术。

通过以上技术，西矿在海螺水泥、红狮水泥等电除尘改造项目上，取得了排放达到 20mg/m³ 以下的效果。

1.4.3 钢铁行业

冶金行业除尘与其他行业相比更加复杂，主要表现在几个方面：1) 大的方面分有色冶金与黑色冶金两大主业，在有色冶金方面又分铝冶炼、铜冶炼、锌冶炼、铅冶炼等，工艺各不相同，使用的除尘方式也各不相同；2) 冶金行业烟气温度变化大，从常温、室外温度到高温 400℃不等，使得除尘方式与结构都有很大的变化；3) 粉尘成分复杂，不同工艺、不同环境粉尘成分差别很大。

黑色冶金中钢铁行业是使用除尘器种类最多的行业，主要表现在：烧结机除尘有机头除尘和机尾除尘、球团竖炉或回转窑除尘、高炉出铁场除尘、转炉一次除尘及二次除尘、矿槽的槽上槽下除尘、溶剂除尘、配料除尘、筛分除尘、整粒除尘、白灰窑除尘等，其他还有一些输送带等一些小的除尘点及无组织排放点。钢铁行业的以下四个位置除尘电除尘器是唯一选择：烧结机机头除尘器、转炉炼钢干法一次除尘器（圆式电除尘器或湿式电除尘器）、球团回转窑主除尘器和骨干除尘器。这几个位置的电除尘器都是属于工艺除尘器，是不可缺少的，且除尘规模比较大。如 600m² 烧结机机头除尘风量约 360 万 m³/h，相当于 600MW 机组除尘器风量，电除尘器已做到 500m² 以上；还有年产 600 万吨球团所配电除尘器也在 600~780m² 之间。因此，钢铁行业这几个位置的除尘器总量占到整个行业的 60%以上，是钢铁行业除尘器的主导产品。除这几个位置外，钢铁行业其它位置的除尘有使用电除尘器的，也有使用袋式除尘器的，还有使用多管除尘器的。近几年由于环保标准的提高，多管除尘器逐步被拆除，利用这些场地改造成电除尘器或袋式除尘器。钢铁行业其它位置粉尘性质也非常适用电除尘器，其粉尘比电阻都在 10⁹~10¹¹ Ω·cm。

目前钢铁行业除尘排放要求没有电力行业高。烧结机机头和球团电除尘器出口烟尘浓度一般要求 50mg/m³，在京津冀、长三角、珠三角地区最严要求 30mg/m³；转炉煤气排放要求更严一些，一般是 10mg/m³，实际排放都在 5mg/m³ 以下，除粉尘性质属于好收的粉尘外，其电除尘器比集尘面积也较大，一般为 150m² / (m³·s⁻¹) 左右，这是保证高除尘效率的基础条件。钢铁行业其他环境除尘要求都是在 20~30mg/m³，个别电除尘器达不到此要求，主要是由于电除尘器设计容量偏小，比集尘面积都在 80m² / (m³·s⁻¹) 以下甚至更低造成的，如果比集尘面积设计在 100m² / (m³·s⁻¹) 左右，钢铁行业环境除尘使用电除尘器也很容易达到 20mg/m³ 排放要求，且具有较好的经济性。

冶金行业在转炉炼钢整个吹炼过程中，会产生大量含有 CO 和粉尘的高温烟气，不但对人体有很大的危害，对环境也会产生严重的污染，而且还会造成大量的能源浪费，因此必须对其进行净化和回收。目前我国转炉炼钢除尘采用“OG”湿法和“HLG”干法二种，先前普遍采用“OG”湿法，但是随着“HLG”干法在转炉炼钢工艺的应用，其在能耗、占地、煤气回收、除尘效率等方面的优点远多于“OG”湿法，应用优势十分显著；同时钢铁企业在国家“三干一电、节能减排、负能炼钢”政策的大力倡导下，“HLG”干法系统工艺正在得到优先推广应用。

转炉炼钢一次烟气 OG 湿法除尘系统工艺：转炉炼钢一次烟气在未燃状态下经罩裙下部烟罩、上部烟罩和汽化冷却烟道冷却至约 900℃，然后进入除尘装置。除尘装置由

饱和塔、文氏管洗涤重力脱水器和 90° 弯头组成，烟气经净化脱水后，合格煤气用离心风机送入煤气柜，作燃料使用，在吹炼前期和后期一氧化碳浓度较低时，由三通阀切换至放散塔燃烧放散。在回收期，通过炉口微差压装置调节二文喉口开度，以适应烟气量的变化。OG 湿法系统工艺水、电资源消耗大，且需要污水及泥浆处理装置，设备容易腐蚀，工作场所扬尘大、环境差。

转炉炼钢一次烟气 HLG 干法净化回收系统工艺：转炉一次烟气经过汽化冷却烟道，冷却至约 900℃，进入蒸发冷却器。蒸发冷却器通过双介质喷枪喷水，将烟气温度降至 180℃~250℃，并对烟气进行粗除尘。粗除尘后的烟气进入电除尘器进一步精除尘，精除尘后的烟气粉尘浓度 $\leq 15\text{mg}/\text{m}^3$ 。当烟气中的 CO 含量达到可回收条件时，通过切换站回收杯阀进入煤气冷却器，经煤气冷却器后的烟气粉尘浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，同时将煤气冷却到 70℃ 以下，然后进入煤气柜。当烟气中 CO 含量不满足回收条件时，则通过切换站放散杯阀进入放散烟囱点火燃烧后放散。蒸发冷却器及静电除尘器下设有输灰系统，将除尘的灰储存在灰仓，也可直接密封输送回炉再利用。HLG 干法系统节水节电，实现全过程自动化清洁生产。

转炉烟气干法除尘技术与湿法技术相比，除尘效率高，而且稳定，受烟气量波动的影响较小；整个系统的阻力损失小，故风机压力低，日常维护费用低；水的消耗少，运转费用低，避免了繁琐的污水及泥浆处理工作。

HLG 转炉一次烟气干法净化回收系统的特点：1) 净化后排放气体含尘浓度 $\leq 15\text{mg}/\text{m}^3$ ；2) 整个系统阻力小，能耗低，总能耗约为湿法系统的 60%；3) 循环水量约为湿法系统的 1/4，新水消耗量约为湿法系统的 1/3；4) 无斜板沉淀池和粗颗粒机等水处理设施，占地面积较小，比湿法系统占地面积减少 20% 以上；5) 回收的粉尘，经过处理可直接进入转炉进行冶炼；6) 回收的煤气量高，同样热值情况下每吨钢较湿法多回收煤气 10 m^3 以上。

袋式除尘器虽然自身用电量较少，但其阻力比电除尘器要高出 1000Pa 以上，随着除尘器的运行，阻力还会增大，这样需要风机功率加大，完全抵消了电除尘器的电场用电量。如果电除尘器采用节能电源或节能控制方式，经详细计算，同样烟气量的两种除尘器，电除尘器耗电量可能更低。

1.4.4 有色冶金、化工等行业

有色冶金和化工制酸适用的电除尘器，属高温电除尘器，处理气体的温度高达 350℃~380℃，且含有浓度很高的 SO₂、SO₃ 等腐蚀性气体，露点温度高。采用富氧冶炼工艺后，SO₂、SO₃ 含量比空气冶炼时高得多，SO₂ 可达 30%~40%，除尘后的气体都要送后系统生产硫酸。为使电除尘器在高于燃点温度以上运行，对设备气密性和外体温要求特别严格，选用材料上也有特殊要求。此外，由于烟气中硫酸盐浓度较高，黏性大，需要有较大的振动力才能把黏附在极板和极线上的烟尘振落。通常都采用侧向机械振打装置，而不用顶部振打。吊挂绝缘子也必须选用高温下绝缘性和机械性都很优越的材料制作。在有色冶金和化工制酸行业中，电除尘器是不可用其他设备来代替的。电除尘器应用受

行业发展的影响，前两年因有色金属和硫酸的产能过剩，新上项目不多，新建的电除尘器数量有所下滑。由于我国的电除尘技术已达国际先进水平，价格又较便宜，因此高温电除尘器出口数量增加。近年来国内经济形势向好，有色冶金和制酸电除尘器市场趋稳并有所拓展，但不会出现迅速发展的态势。

2 行业发展存在的主要问题及对策建议

近年来，钢材价格大幅上涨，导致电除尘行业利润下滑，部分项目已出现亏损。同时由于一些中小企业进入电力行业困难，往往通过降低投标价格为自己在电力行业寻找市场。而一些业主为了控制投资成本，大多会采用低价中标的原则，致使超低价中标现象时有发生。招标过程往往会在低价竞争过程反复数次，而最终会是有业绩、有实力的企业以较低价格中标，给项目的实施带来一定的困难。

2.1 水泥行业电除尘应用存在的问题

(1) 电除尘器存量减少

水泥窑尾在增设了余热锅炉后，很多水泥厂的增湿塔不再喷水，造成粉尘比电阻较高，对电除尘的使用很不利。

(2) 水泥行业电除尘器的技术进步缓慢

与火电厂电除尘技术飞速发展相比，水泥行业由于粉尘性质和工艺特点，技术没有大的突破，主要技术进步集中在设备的精细化设计（极板、极线优化，气流分布优化等）和高压电源应用上。

另外，2004年到2013年投运的电除尘器，都是按《水泥工业污染物排放标准》（GB 4915—2004）设计的，即粉尘排放浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ；更早期的电除尘器甚至是按粉尘排放浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$ 设计的，现在都要求执行修订后的新标准《水泥工业污染物排放标准》（GB 4915—2013），排放浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ ，许多电除尘不达标成为必然。

2.2 冶金行业电除尘器存在的问题

(1) 一次投资较高使电除尘器应用受到限制随着冶金行业新的排放标准的出台，电除尘器在冶金行业的应用受达标问题的影响正逐步萎缩。钢铁企业各个工序，因标准提高，要满足达标排放需增加电场，造成一次成本增加，现主要用于烧结机头、回转窑球团、竖炉、转炉煤气一次除尘煤气柜后等。

(2) 准入门槛较低，低价甚至较低价竞争较为普遍冶金行业是国内最早应用电除尘器的行业，近几年由于冶金行业经济形势不好，企业往往通过低价中标甚至超低价中标的方法处理达标排放问题，加上冶金行业准入门槛较低，电除尘器生产厂家参差不齐，市场很不规范，恶性竞争严重。

(3) 改造项目场地受限限制了电除尘器应用钢铁行业烧结机头由于烟气性质决定了只

能用电除尘器，随着排放标准的趋严，原有电除尘器大多只有三个电场，不能达标排放，现场又不具备增加电场的场地，需要有新的有效的电除尘技术和工艺解决达标排放问题。

2.3 解决对策及建议

(1) 积极组织企业联谊会及技术交流会，请电力行业业主参加，加强企业与业主之间的相互沟通，消除市场恶性低价竞争；

(2) 在黑色冶金、建材、有色冶金及化工等行业加大电除尘技术的宣传力度，为电除尘在这些行业的应用呐喊；

(3) 尽快开发出适用于黑色冶金、建材、有色冶金及化工等行业的电除尘新技术、新工艺，满足市场需求；

(4) 建议国家有关部门结合“一带一路”战略，制定相关支持政策，引导电除尘企业走出去，通过标准、规范及创新等渠道大力开发国际市场；

(5) 建议国家有关部门对中小企业给予资金、税收等方面的支持，促进企业的健康发展；

(6) 建议国家加大创新支持力度，为大气污染治理龙头企业、相关国家工程研究中心、国家重点工程实验室投入创新资金，用科技创新带动行业发展；组织行业内有创新能力的企业，积极开发新技术、新产品；组织行业专家组建行业咨询团队，形成智库，引领行业技术进步，为企业服务。

3 行业发展展望

3.1 国际市场情况

3.1.1 中国“一带一路”战略将带动电除尘国际市场

“一带一路”中的电力建设项目是 2017 年国际市场的亮点，由于国内燃煤电站建设产能向“一带一路”国家战略的释放，加上国家资金和亚投行资金的投入，中国电力建设国际化的步伐加大。“一带一路”战略仍然是电除尘国际市场的大方向，燃煤电站国际建设项目由中国 EPC 公司建设的市场容积估计在 20, 000MW 左右。

电除尘行业在东南亚市场，如泰国、印尼、马来西亚、越南等国家，要做好“一带一路”战略配套项目，做好中国 EPC 公司的电除尘分包；同时，小型燃煤锅炉有一定的电除尘配套市场需求。

3.1.2 印度电除尘市场新建项目将减少，但改造市场具潜力

印度于 2016 年 1 月发布的排放新法规对未来电除尘市场产生了积极影响。在脱硫脱硝方面，由于印度没有脱硫脱硝制造商（只有比较强的电除尘制造商），印度市场开始邀请大量中国和国际脱硫脱硝公司参与。在除尘方面，印度燃煤电站粉尘、SO₂、NO_x 排放标准由原来的 50mg/m³、200mg/m³、300mg/m³ 改为 30mg/m³、100mg/m³、100mg/m³，印度 177, 700MW 的在役运行燃煤机组电除尘器全部需要进行各种形式的改造。我国电除尘制造商在电除尘提效改造方面富有经验，可以在印度电除尘改造市场上发挥重要作用。

印度中央电力局 (CEA) 于 2016 年 12 月公布了最新的《国家电力计划征求意见稿》，提出 2027 年前，在目前在建的 50GW 装机基础上不再兴建燃煤电厂，因此电除尘新建项目将减少。

印度作为燃煤电厂大国，脱硫脱硝市场和电除尘提效减排市场会逐步放大，产生较大的市场空间，但市场启动仍然有赖于印度政府推动法规执行的决心和对私营电力的电价补贴力度，且印度电力整体经营状态不是太好，执行比较困难，市场风险大。

3.1.3 韩国、美国和欧洲电除尘市场准入难，市场规模小

(1) 韩国市场。韩国电除尘市场以总包分包为主，但由于国际发达国家的经济低迷和电力需求容量不旺盛，致使韩国总包市场也较低迷。美元升值，本币贬值和需求不旺盛的状态，使韩国总包公司暂缓进度，许多项目仍然处于暂停或延期状态，存在一定风险。

(2) 美国和欧洲市场。特朗普的“美国优先能源计划”明确提出，高度重视清洁煤技术，此项技术将用于煤矿开采，促进煤炭行业复苏，煤电装机有望进一步发展。德国、法国、荷兰、芬兰等国将逐步淘汰直至完全关闭所有燃煤电厂，接下来主要以改造提效市场为主。

由于生产制造质量要求较高，市场准入难，市场规模目前还比较小。逆全球化和民粹主义开始盛行，市场开拓不易，且风险较大。

受国际经济形势影响，电除尘国际市场仍不容乐观。2017 年，国际经济形势仍然难有起色：新科技革命仍未启动，人口老龄化趋势加剧，QE（量化宽松）和经济刺激政策大规模使用导致贫富差距进一步扩大，边际消费倾向下降等，导致全球经济总需求增速放缓。世界经济形势处于缓慢复苏和激烈变化中，特别是发展中国家和新兴经济体，由于受外部冲击压力加大，发展的不确定性加大。

2017 年电除尘国际市场情况同全球经济形势一样，总体仍然不乐观，尤其是新建市场，同 2016 年一样将面临挑战和困难，主要矛盾在于需求弱、项目少。由于国际经济形势回升仍然缺乏需求的动力，国际电力建设市场不确定性加大，电除尘国际市场开拓需要更加努力。

3.2 电力行业市场情况

3.2.1 市场现状分析

(1) 煤电增长趋缓，新建燃煤机组容量大幅减少由于过去几年煤电扩张迅猛，导致目前产能过剩，未来几年增长将趋缓，新建燃煤机组容量大幅减少。《电力发展“十三五”规划》明确要求，到2020年煤电装机力争控制在11亿kW以内。根据中电联数据，截至2016年12月，我国发电装机容量中火电约为10.5亿kW，其中煤电约为9.4亿kW，因此2017~2020年留给煤电的增长空间约为1.6亿千瓦。

面对目前煤电过剩、设备年利用小时数持续下降的现状，2016年国家出台了一系列政策取消、缓核、缓建一批煤电机组，加快淘汰落后机组，2016年实际投产煤电装机4300万kW，2015年投产量5900亿kW，2016年比2015年减少了1600万kW，可见2016年火电新建项目受政策影响出现拐点，呈现下降趋势明显。2017年1月14日，国家能源局下达11省有关“十三五”煤电投产规模的函，各省停建、缓建的煤电机组清单陆续出炉，共涉及需停建或缓建煤电项目83个，装机容量达10,010万kW。用电需求的上升将刺激电力市场的发展，但从国家严格规划煤电建设、鼓励太阳能等新能源的发展，以及目前煤电过剩、利润下降的情况来看，煤电市场渐渐步入低谷，未来发展趋缓的情况已显而易见。

(2) 超低排放改造已完成约60%

根据国家能源局公布的数据，截至2016年底全国累计已完成超低排放改造4.5亿kW；根据中电联统计数据，截至2016年底，国内6家主要电力集团累计已完成超低排放改造2.94亿kW，已完成58.2%。

3.2.2 市场预测

我国煤电产能过剩、增长趋缓，新建机组容量大幅减少，且超低改造已完成约60%。2016年下半年以来，火电新建项目受政策影响出现拐点，下降趋势明显，2017~2020年煤电新增机组量约为1.6亿kW。根据官方公布数据及推算，截至2016年底，全国超低排放改造已完成约4.5亿kW，剩余约3亿kW，完成率约为60%。且全国尚未完成超低排放改造机组中，部分机组已签订合同，故未来计入超低排放改造合同的机组容量将更少。据此预计，我国电力除尘市场在2017年将出现拐点，而2018年或将呈断崖式下降。预测未来可能的市场增长点将包括以下4个方面：

- 1) 未来燃煤电厂可能将实行更严格的排放要求，或可成为电力除尘行业新的市场增长点；
- 2) 除尘设备的节能改造也将成为新的市场增长点；
- 3) 烟气环保岛，协同治理模式市场有一定空间；

4) 城市供热、自备电站等中、小锅炉烟气治理市场，值得期待。

3.3 建材行业市场情况

2016 年，建材行业按照国办发布《促进建材工业稳增长调结构增效益的指导意见》（国办发〔2016〕34 号），去产能颇有成效。水泥产业结构有所优化，市场供需关系得以改善，水泥产能缩减约 2000 万吨，全年水泥市场有所回升。2016 年水泥行业实现收入 8764 亿元，同比增长 1.2%，实现利润 518 亿元，同比大幅增长 55%，但是从行业利润率来看，2016 年依旧处于较低水平，行业产业结构调整、产能过剩问题矛盾依旧突出，熟料产能利用率仅为 68.1%。

2016 年国内建材行业的除尘提效改造市场继续萎缩，电改袋式和电改电袋、电改电三种技术并存，电改袋式及电袋的比重约占 80%。但值得注意的是，与袋式及电袋复合除尘器相比，电除尘器同样适用于建材行业除尘，近年来，在海螺水泥集团等企业的带动下，电除尘器的市场份额有逐渐扩大之势。

在国家“一带一路”战略引领下，国内各大水泥集团纷纷到印尼、柬埔寨、老挝、尼泊尔等国家建厂，其中大部分设计仍选用高效电除尘技术，这些需求已成为当前国内电除尘市场的重要组成部分。预计 2017 年水泥行业电除尘器国内市场约为 2 亿元，出口市场约为 3 亿~4 亿元。

3.4 冶金及其他行业市场情况

由于产能过剩，黑色冶金、有色冶金及化工等行业在“十三五”将会出现减产及产业结构调整。减产会造成市场萎缩，但产业结构调整会给市场带来新的机会。按以往电除尘行业的产值推算，“十三五”期间，这些行业电除尘的总的市场需求约 200 亿元。在钢铁行业，电除尘最大的应用场合是烧结机头及转炉煤气回收工序。

烧结机头由于烟气特点决定电除尘器是目前的最佳净化设备，2016 年主要市场是机头电除尘改造，其次是新建市场。根据企业调查数据，年市场份额约 8 亿~10 亿元。随着钢铁行业对节能减排要求的不断提高，干式电除尘技术以其耗能少、除尘效率高和自动化控制水平高等优点，获得越来越多钢铁企业的认同，被公认为转炉一次烟气净化技术的发展方向，目前我国现有转炉 918 座（符合钢铁行业规范条件企业三批公示名单），还有约 670 座转炉有待改造成干法电除尘技术，按平均每座转炉需投资 1200 万元的一次烟气净化回收费用，共有 80.4 亿元的市场容量，市场前景广阔。

总之，“十三五”期间，电除尘的主要市场还是燃煤电厂，其中前三年是高峰。钢铁行业随着经济形势的回暖及电除尘技术的提高会出现上升势头。其它行业随着标准的不断提高及技术的进步，电除尘的市场份额将进一步提高。国际市场在经济形势慢慢复苏及国家“一带一路”政策的影响下，会大大提高我国电除尘的出口份额。我们相信，电除尘行业一定会不断向前，再创辉煌。

（来源：中国环境保护产业协会期刊）