电除尘器振打加速度测试的应用及标准研制进展

赵海宝[1]，刘含笑[1]，方雁惠[1]，韦性晟[2]，王维锋[1]
（1. 浙江菲达环保科技股份有限公司 浙江 诸暨 311800；2. 国能（浙江北仑）发电有限公司，浙江 宁波 315000）

摘要：电除尘器是烧结机机头除尘的首选技术，其清灰振打加速度直接决定除尘效率与设备寿命。振打加速度过大会引发二次扬尘，过小则清灰不彻底，二者均会降低除尘效果。在环保要求日益严格的背景下，本文通过综述振打加速度对除尘效率的影响规律，归纳总结市场对振打加速度的技术需求，并对超大型电除尘器的振打加速度进行实际试验测试，梳理出在不同工况条件下阴极和阳极振打加速度的合理范围。结果表明：对于 6.4 m×5 m（高×宽）的电场，阳极采用直径为 125 mm 的振打锤可使振打加速度为 150g～1 100g，阴极采用直径为 95 mm 的振打锤可使振打加速度为 50g～400g，13.2 m 高度的迷宫收尘装置采用直径为 90 mm 的振打锤可使振打加速度为 50g～200g。最后，研制了振打加速度的测试标准和限制值，形成团体标准并修订相关行业标准和国家标准，为电除尘器选型设计提供参考。

关键词：烧结机机头；电除尘器；振打加速度；除尘效率；二次扬尘
中图分类号：TF046.4；X701.2 **文献标志码**：A **文章编号**：1000－8764（2026）02－0031－06
doi：10.13403/j.sjqt.2026.02.026

Application of acceleration test for electrostatic precipitator vibration acceleration and progress in standard development

ZHAO Haibao[1], LIU Hanxiao[1], FANG Yanhui[1], WEI Xingsheng[2], WANG Weifeng[1]
（1. Zhejiang Feida Environmental Protection Technology Co., Ltd., Zhuji 311800, Zhejiang, China;
2. Guoneng (Zhejiang Beilun) Power Generation Co., Ltd., Ningbo 315000, Zhejiang, China）

Abstract: Electrostatic precipitators are the preferred technology for dust removal at the head of sintering machine. The vibration acceleration used for dust removal directly determines the efficiency of this process as well as the service life of the equipment. Excessive vibration acceleration can cause secondary fugitive dust, and if it is too small, the dust cannot be thoroughly cleaned, both of which will reduce the dust removal effect. In the context of increasingly stringent environmental protection requirements, the influence of vibration acceleration on dust removal efficiency is reviewed, the technical demand of vibration acceleration in the market is summarized, and the actual experimental testing of the vibration acceleration of the ultra-large electrostatic precipitator is carried out, and the reasonable range of cathode and anode vibration acceleration under different working conditions is sorted out. The results show that for the electric field of 6.4 m×5 m (height × width), the vibrating hammer with a diameter of 125 mm can be used to make the vibration acceleration of 150g～1 100g in the anode, the vibration acceleration can be 50g～400g by using a vibrating hammer with a diameter of 95 mm in the cathode, and a vibrating hammer with a diameter of 90 mm can be used for the 13.2 m height maze dust collection device, which can make the vibration acceleration to 50g～200g. Finally, the test standards and limit values of vibration acceleration are developed, and group standards are formed and relevant industry standards and national standards are revised to provide reference for the selection and design of electrostatic precipitators.

收稿日期：2025－06－04；**修回日期**：2025－08－05
基金项目：国家重点研发计划资助项目（2022YFC3701501）
作者简介：赵海宝（1987—），男，高级工程师，从事电除尘及燃煤电站污染物控制方面的研究工作。

Key words: the head of sintering machine; electrostatic precipitator; vibration acceleration; dust removal efficiency; secondary fugitive dust

电除尘器是工业烟气粉尘治理的主流设备。随着超低排放政策的深入推进，电除尘器出口粉尘质量浓度普遍要求控制在 25 mg/m^3 以下，甚至低至 10 mg/m^3 以下。2010 年以前，在出口粉尘质量浓度要求达到 20 ~ 50 mg/m^3 的背景下，采用国外引进技术的电除尘器即可稳定满足环保排放标准。当时，电除尘器的振打装置采用传统技术即可，基本不存在对振打加速度进行测试与评判的需求[1]。而在现有电除尘器的招标文件、技术协议以及相关国家标准和行业标准[如《电除尘器》(GB/T 40514—2021)]中，仅对振打加速度的最小值作出了规定，对测试方法、测试位置、最大限制值等重要内容均未涉及。在我国环保标准日趋严格的背景下，振打加速度的精确控制对电除尘器性能的影响正变得愈发重要[2]。

目前电除尘器的主流清灰方式为振打清灰，主要有欧洲国家和日本的侧部挠臂机械振打，以及美国的顶部电磁振打[3-5]。在燃煤机组低负荷运行、污泥掺烧、高水分煤种、烧结机机头及碱回收锅炉等新工况下，电除尘器积灰严重，这对振打加速度的控制精度与可靠性提出了更严格的要求。在我国“双碳”战略目标持续深化的背景下，燃煤机组开始掺烧生物质以降低碳排放。然而，生物质掺烧后，电除尘器阴极线的积灰与腐蚀问题严重，二次电晕基本消失，对电晕放电造成显著影响。此外，受国际形势变化影响，近年来煤炭价格大幅上涨，我国燃煤机组已从原先燃烧优质煤普遍转向燃用劣质煤。高水分、高碱性氧化物、高灰分等劣质煤种被广泛用于燃煤发电，导致电除尘器积灰严重，振打清灰效果不佳的问题日益突出。为此，本文通过分析振打加速度对除尘性能的影响，梳理行业内现有最小与最大加速度参考值及均匀性评价指标，明确振打加速度的合理区间，规范测试方法并助力相关标准落地实施，为电除尘器实现高效清灰与稳定运行提供技术支撑。

1 振打加速度对电除尘性能的影响机制

1.1 振打加速度与清灰效率的关系

振打清灰效果直接影响除尘效率。若粉尘未能有效清除，极板与极线上的粉尘层厚度将不断增加，进而削弱电晕放电性能；当粉尘厚度达到一定程度时，会导致电晕封闭，直接影响烟气中粉尘的驱进速度，严重时还可能引发反电晕，最终导致电场失效。

当清灰困难时，例如烧结机机头粉尘的黏性较大，常规清灰后易残留较厚粉尘层。层内异常高的场强会引发类似电晕的放电，产生大量正、负离子，如图 1 所示。其中，负离子迅速向正极(阳极板)迁移，而正离子则被吸入电极间的空间，并向负极(放电电极)迁移。此时电极间同时存在正、负离子，相互中和，阻碍粉尘正常充电，从而降低除尘器的除尘能力。

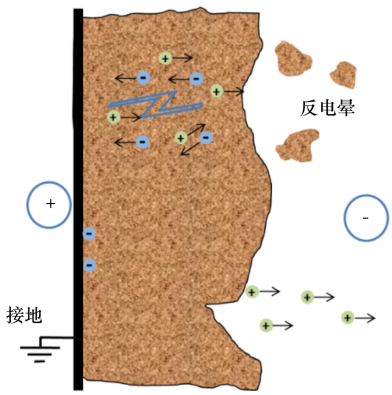


图 1 粉尘层发生反电晕现象

Fig. 1 Back corona occurs on the dust layer

因固定形式(如安装与焊接)不同，振打加速度的传递特性也有所差异。因此，对于常规的振打方式、悬挂形式、阳极板高度及型式等，若已有相同工况下的振打加速度测试数据，可不进行测试；其他情况则必须开展振打加速度测试。例如，阳极板高度超高且无实验室数据时，或采用新型阳极板等特殊结构类型时，均应进行该项测试。

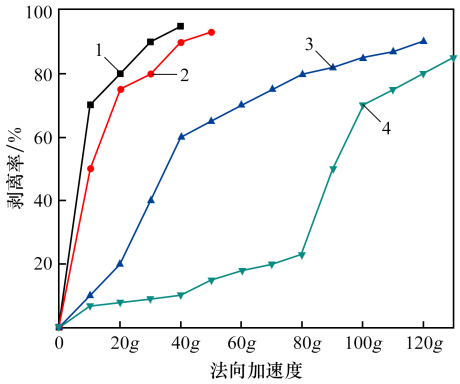
1.2 对振打加速度限值的现有认识

振打加速度是影响电除尘器除尘效率的关键因素：加速度过小会导致清灰效果不佳，过大则会造成设备损伤、缩短使用寿命。因此，振打加速度直接关系到电除尘器的除尘效率与运行寿命。

同时，振打时机对电除尘器的二次扬尘也有直接影响。在合理的粉尘层厚度下进行振打，可使粉尘成块落下，避免其在下落过程中被烟气再次带走，从而有效降低二次扬尘，提高除尘效率。

（1）最小振打加速度。马建中等[6]认为，阳极板上粉尘的剥离主要与其法向加速度有关。英国中央电力生产研究会的研究结果[7-9]如图 2 所示。由图 2 可见，当法向加速度有效值达到 50g 时，即可实现阳极板上水泥粉尘的有效清灰。因此，在综合考虑通电振打、烟气稳定等因素的基础上，设定最小法向振打加速度为 100g（g 为重力加速度，取 9.8 m/s^2）。

目前，关于最小振打加速度值的选取尚无统一标准。我国大部分电力集团在燃煤电厂电除尘器的招标文件及技术协议中，通常要求阳极板的最小振打加速度为 150g、阴极线为 50g。德国鲁奇公司研究表明，燃煤机组电除尘器阳极板的最小加速度值应为 200g[10]。日本三菱公司提出：比电阻小于 10^4 Ω·cm 的粉尘的最小加速度值约为 40g，比电阻为 10^4 ~ 10^{12} Ω·cm 的粉尘约为100g，而对于高比电阻粉尘，即使在 200g 振打加速度下，剥离率也仅为 10% 左右，甚至无法有效剥离[11]。



烟气温度/℃：1—150（断电）；2—150（通电）；3—90（断电）；4—21（通电）。

图 2　振打加速度和粉尘剥离率的关系

Fig. 2　The relationship between vibration acceleration and dust stripping rate

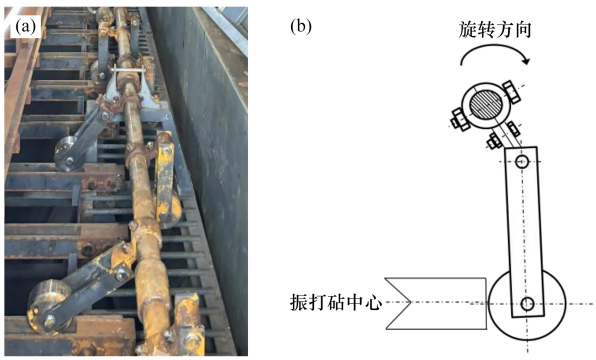
（2）最大振打加速度。过大的振打加速度会导致以下两个弊端：振打力过大导致设备寿命降低、振打二次扬尘影响除尘效率。《燃煤电厂电除尘器运行维护导则》（DL/T 461—2004）规定的阴极线最大振打加速度为 250g。但由于目前国内普遍燃用劣质煤，且大部分大型机组掺烧污泥，新能源机组低负荷运行氨逃逸普遍，这些因素均导致粉尘黏性增加，不易清灰。

（3）振打加速度分布均匀性。关于振打加速度分布的均匀性，目前通常以相对均方差作为衡量指标，但尚未有具体数值的相关研究与报道。邵毅敏等[12]认为，对于阳极板，当相对均方差 $\sigma_r \leqslant 0.35$ 时，振打加速度的分布良好；当 $\sigma_r \leqslant 0.45$ 时，其分布均匀。

2　振打加速度测试方法与试验研究

2.1　测试装置

在 1∶1振打加速度测试试验台上，开展阴极线与阳极板的振打加速度试验。试验采用电荷放大器、数字指示器及冲击加速度计，其中电荷放大器型号为 YE 5858，数字指示器型号为 YE 1931，冲击加速度计型号为 CA-YD-115。试验所用阴极框架与阳极排按电除尘器实体尺寸制作，采用机械振打方式，通过不同直径的振打锤进行试验。振打锤实物及结构如图 3 所示。其中，阴极振打锤与阳极振打锤的锤头质量分别为 6.4 kg 和 10.8 kg。



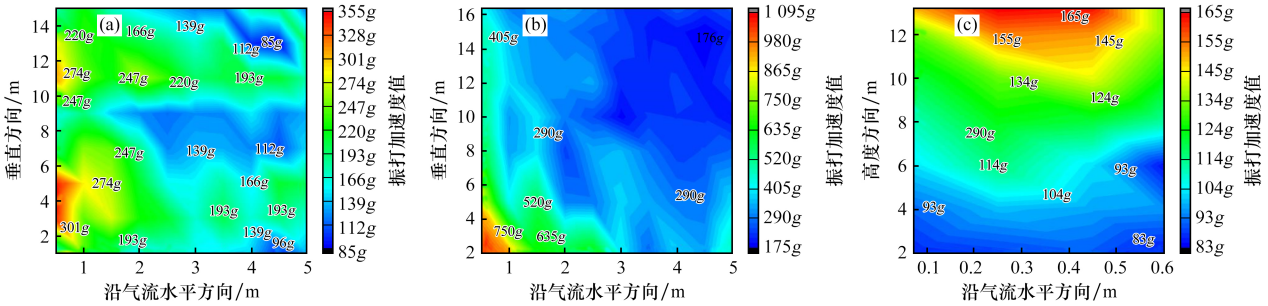
（a）实物图；（b）结构

图 3　振打锤实物及结构

Fig. 3　Physical object and structure of the rapping hammer

2.2　电除尘器振打加速度分布测试

图 4 展示了阴极线、阳极板及迷宫收尘板的振打加速度分布情况。由图 4（a）可知，阴极框架设有上下两侧振打锤，当上部第一层与下部第二层振打锤（分别对应图中上下两处红黄色区域）分别振打时，阴极线的最小振打加速度分别为85g和96g，振打加速度值的相对均方差分别为0.30



（a）排阴级；（b）排阳级；（c）迷宫收尘板

图 4 阴极线、阳极板及迷宫收尘板的振打加速度分布云图

Fig. 4 Cloud map of the vibration acceleration distribution of the cathode wire, anode plate and labyrinth dust collection plate

和 0.32。由图 4(b)可知，阳极板最小振打加速度为 176g，位于第 9 块阳极板第 2 个测点。整排阳极板振打加速度值的相对均方差为 0.49。由图 4(c)可知，进口封头内迷宫收尘板的最小振打加速度为 83g，位于最外侧迷宫收尘板下部的第 1 个测点；最大振打加速度为 165g，位于顶部第 2 个测点。整排迷宫收尘板振打加速度值的相对均方差为 0.43。

2.3 试验结果与振打锤选型建议

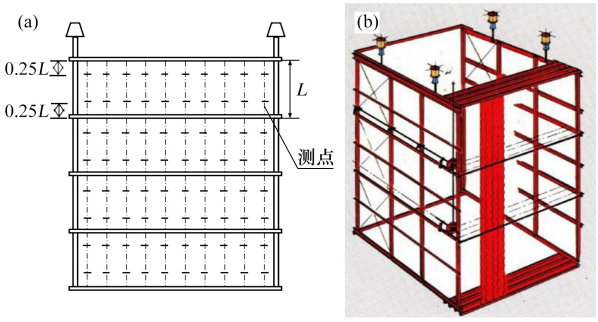
电场的高度为 16.4 m，长度为 5 m。阳极采用直径 125 mm 的振打锤(锤头质量为 10.8 kg)可满足振打加速度为 150g ~ 1 100g；阴极采用直径 95 mm 的振打锤(锤头质量为 6.4 kg)可满足振打加速度为 50g ~ 400g。进口封头内迷宫收尘装置的高度为 13.2 m，采用直径 90 mm 的振打锤(锤头质量 5.8 kg)时，振打加速度为 80g ~ 200g，可满足《迷宫型电除尘器》(T/CIECCPA 040—2024)的要求。

3 振打加速度标准规范的研制

3.1 测试方法的规定

（1）测试方向。测定阳极板和迷宫收尘板的振打加速度方向应垂直或平行工作表面；测定阴极线的振打加速度方向应垂直或平行阴极线所在框架的表面。每个测点每个方向的振打加速度测定次数应不少于 10 次，结果取其平均值。

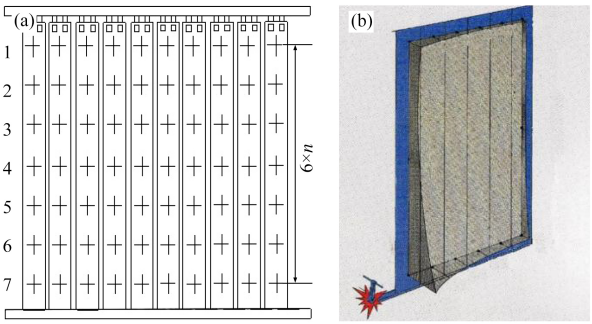
（2）测点布置。阴极系统测试以一榀阴极框架作为一个试验单元，阳极系统测试以一排阳极板作为一个试验单元，迷宫收尘板测试以设定的单个悬挂装置作为一个试验单元[13-14]。对于阴极系统，测点布置在阴极线上，每根阴极线在长度方向按 2 等分，取中点为测量点。对于阳极系统，测点布置在每块阳极板工作表面的中心线上，在阳极板上下边缘之间等距离布置 7 个测点。对于迷宫收尘板，测点布置在每块迷宫收尘板工作表面的中心线上，在迷宫收尘板上下边缘之间等距离布置 7 个测点。阴极系统、阳极系统及迷宫收尘板的测点布置分别如图 5 ~ 7 所示。



（a）测点位置示意；（b）三维结构

图 5 阴极系统测点布置

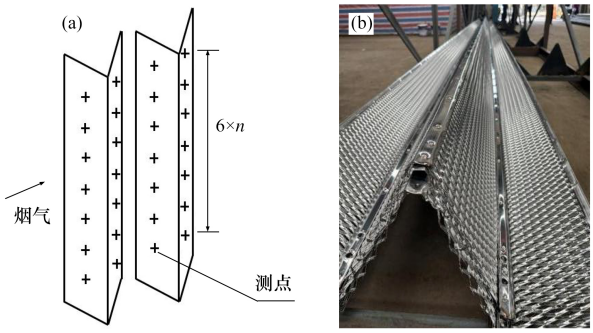
Fig. 5 Layout of measuring points for cathode system



（a）测点位置示意；（b）三维结构

图 6 阳极系统测点布置

Fig. 6 Layout of measuring points for anode system



（a）测点位置示意；（b）实物图

图 7　迷宫收尘板测点布置

Fig. 7　Layout of measuring points for maze dust collection plate

（3）振打间隔时间。测试时相邻两次振打间隔时间宜不少于 5 min，以避免两次振打相互之间的干扰。

（4）最小加速度值测定位置。阴极线最小振打加速度值应在以下位置测定：① 管形芒刺线、星形线、针刺线和锯齿形芒刺线等应在阴极线上直接测定；② 螺旋形线可在阴极框架上测定。

（5）分布均匀系数计算方法。振打加速度值的分布均匀系数计算如式(1)所示。

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{a_i - a}{a}\right)^2} \tag{1}$$

式中：σ_r为振打加速度值的相对均方根差；a_i为测量点 i 的振打加速度，m/s^2；a 为被测截面上测量点的平均振打加速度，m/s^2；n 为被测截面上测量点数。

3.2　振打加速度限值的规定

（1）最小振打加速度。阴极线的最小振打加速度值 ≥ 50g；阳极板的最小振打加速度值 ≥ 150g；迷宫收尘板最小振打加速度值≥50g。

（2）最大振打加速度。刚性阴极线最大振打加速度值≤400g；当采用气动振打的型式时，放电极框架周边上最大振打加速度值≤300g。阳极板最大振打加速度值≤1 100g；当采用气动振打的型式时，阳极板最大振打加速度值≤500g。迷宫收尘板最大振打加速度值≤200g；当采用气动振打的型式时，迷宫收尘板最大振打加速度值≤150g。

（3）振打加速度均匀性。振打加速度均匀系数≤0.50。由于气动振打可灵活布置位置和调整振打力大小，因此当采用气动振打的型式时，振打加速度均匀系数≤0.35。

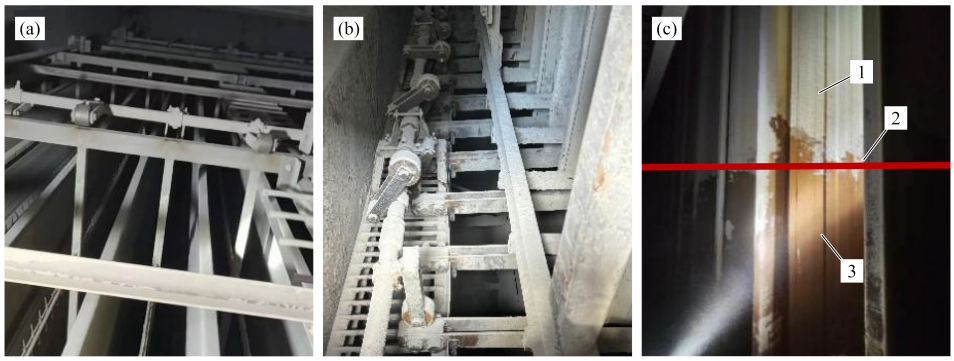
3.3　标准体系与修订进展

标准研制主要包括企业标准、团体标准、行业标准和国家标准。目前已形成多个电除尘器厂家企业标准和团体标准，包括企业标准《迷宫型电除尘器》(Q/FD 112—2024)，团体标准《干式电除尘器 振打加速度测试规范》(T/ZSSD 0008—2024)和《迷宫型电除尘器》(T/CIECCPA 040—2024)。正在修订并已形成报批稿的行业标准包括《低温电除尘器》(JB/T 12591)和《燃煤烟气电除尘器》(JB/T 5910)，标准中修订增加了振打加速度的相关条款。下一步将修订国家标准《电除尘器》(GB/T 40514)，以进一步规范电除尘器并提高除尘性能和运行稳定性。

4　工程应用与典型工况验证

（1）湖南某 1 000 MW 机组积灰案例。该机组因脱硝设备硫酸氢铵逃逸严重，粉尘体积分数达 0.001%(10 ppm)，远超《火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程》(DL/T 5240—2010)规定的 0.000 3%(3 ppm)限值，导致粉尘灰的黏性大幅增加，原设置振打方式无法实现有效清灰。该机组阴极与阳极振打照片及阳极板积灰情况如图 8 所示。由图 8 可见，阳极板下部振打力较大，清灰效果良好；而上部振打力较小，存在明显积灰，表明振打加速度过低时无法有效清灰。当硫酸氢铵逃逸体积浓度为 0.001%(10 ppm)、烟气温度为 90 ℃时，振打加速度低于 230g 即成为清灰效果的临界值，此时除尘效率将下降。由此可见，振打加速度对电除尘器的除尘效率具有直接影响。

（2）标准在新建大型机组中的应用。在标准研制的同时，进行大量的工程应用和跟踪，典型案例包括：① 浙江某电厂 8 号、9 号机组 1 000 MW 新建电除尘器，采用电场有效高度 16.4 m(目前全球最高)，对振打加速度进行测试，测试结果与前述实验室测试结果基本相同。8、9 号机组分别于 2025 年 7 月 6 日及 11 月 3 日投运。② 江苏某电厂 2×1 000 MW 新建电除尘器，进出口采用迷宫收尘装置并采用顶部机械振打清灰，对振打加



（a）阴极振打；（b）阳极振打；（c）阳极板积灰情况

振打加速度：1—<230g（存在积灰层）；2—230g（特定工况下的清灰效果分界线）；3—>230g（无积灰层）

图 8 阴极与阳极振打照片及阳极板积灰情况

Fig. 8 Photos of cathode and anode vibration and the condition of ash accumulation on the anode plates

速度进行测试，测试结果也与前述实验室测试结果基本相同。

5 结 论

（1）振打加速度过小会导致电除尘器电晕封闭，直接影响烟气中粉尘的驱进速度，严重时还可能引发反电晕，造成电场失效；振打加速度过大则会打碎粉尘层，引起二次扬尘，从而降低除尘效率。

（2）超大型电除尘器振打加速度试验测试结果表明：在高度为 16.4 m、长度为 5 m 的电场中，阳极选用∅125 mm 振打锤可实现 150g～1 100g 加速度，阴极选用∅95 mm 振打锤可实现 50g～400g 加速度；高度 13.2 m 处的迷宫收尘装置，选用∅90 mm 振打锤可实现 50g～200g 加速度。

（3）制定了团体标准《干式电除尘器 振打加速度测试规范》（T/ZSSD 0008—2024），并对相应的行业标准和国家标准进行修订。T/ZSSD 0008—2024 中规定了阳极、阴极和迷宫收尘板的振打加速度测试位置，以及振打加速度的最小值和最大值。

参考文献：

[1] 唐国山．工业电除尘器应用技术[M]．北京：化学工业出版社，2006.
TANG Guoshan. Application technology of industrial electrostatic precipitator[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.

[2] 陈冬林，吴康，曾稀．燃煤锅炉烟气除尘技术的现状及进展[J]．环境工程，2014，32(9)：70－73；162.
CHEN Donglin, WU Kang, ZENG Xi. Review on technology for dust removal from flue gas of coal-fired boilers[J]. Environmental Engineering, 2014, 32(9): 70－73; 162.

[3] 周靖鑫．电除尘器阳极振打时粉尘层剥离与二次扬尘研究[D]．杭州：浙江大学，2017.
ZHOU Jingxin. Study on detachment and reentrainment of dust layer under rapping in ESP[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017.

[4] 周靖鑫，李树然，李加丰，等．振打清灰对电除尘器排放的影响：实验基础研究[J]．高电压技术，2017，43(8)：2689－2695.
ZHOU Jingxin, LI Shuran, LI Jiafeng, et al. Effects of rapping on the emission of electrostatic precipitation: Basic experimental research[J]. High Voltage Engineering, 2017, 43(8): 2689－2695.

[5] ZHAO H B, HE Y Z, YAO Y P. Study on brush of moving electrode type electrostatic precipitator (MEEP)[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 121(5): 052024.

[6] 马建中，杜佳棋，徐斌，等．振打系统对电除尘器的影响[J]．机械工程师，2016(6)：163－164.
MA Jianzhong, DU Jiaqi, XU Bin, et al. Influence of rapping system on electrostatic precipitator[J]. Mechanical Engineer, 2016(6): 163－164.

[7] NING Z Y, CHENG L, SHEN X J, et al. Electrode configurations inside an electrostatic precipitator and their impact on collection efficiency and flow pattern[J]. The European Physical Journal D, 2016, 70(6): 126.

（下转第 62 页）

卷积网络调制识别算法[J]. 计算机应用与软件,2024,41(10):122 – 127.
YANG Chi, GONG Xiaofeng, LUO Ruisen. A modulation recognition algorithm based on attention mechanism and gated dense convolutional networks[J]. Computer Applications and Software, 2024, 41(10): 122 – 127.

[18] 胡聿文. 基于优化 LSTM 模型的股票预测[J]. 计算机科学,2021,48(增刊1):151 – 157.
HU Yuwen. Stock forecast based on optimized LSTM model[J]. Computer Science, 2021, 48(S1): 151 – 157.

[19] 何锦华,刘洋,朱誉,等. 融合物理信息的 TPA-LSTM 网络应用于台风条件下海上风电场风速多步预测[J]. 电网技术,2023,47(10):4152 – 4160.
HE Jinhua, LIU Yang, ZHU Yu, et al. Physics-informed TPA-LSTM network applied to multi-step wind speed prediction of offshore wind farms under typhoon conditions[J]. Power System Technology, 2023, 47(10): 4152 – 4160.

[20] 李艳,史艳华,戴庆瑜,等. 基于 MIC-NNG-LSTM 的有机废液焚烧 SCR 入口 NO_x 浓度动态预测[J]. 工程科学与技术,2025,57(3):21 – 30.
LI Yan, SHI Yanhua, DAI Qingyu, et al. Dynamic prediction of NO_x concentration at SCR inlet for organic waste liquid incineration based on MIC-NNG-LSTM[J]. Advanced Engineering Sciences, 2025, 57(3): 21 – 30.

(上接第 36 页)

[8] PODLIŃSKI J, NIEWULIS A, MIZERACZYK J. Electrohydrodynamic flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator [J]. Journal of Electrostatics, 2009, 67(2/3): 99 – 104.

[9] 中国环境保护产业协会电除尘委员会. 电除尘器选型设计指导书[M]. 北京:中国电力出版社,2013.
Electrostatic Precipitator Committee of CAEPI. Guide to type selection and design of electrostatic precipitator [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2013.

[10] NOWAK A. Vibration of collecting electrodes in electrostatic precipitators: Modelling, measurements and simulation tests[J]. Journal of Electrostatics, 2012, 70(3): 327 – 332.

[11] CHEN B, LI S Q, GUO Y H, et al. Research on electrostatic shielding characteristics of electrostatic precipitator[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2022, 72(4): 331 – 345.

[12] 邵毅敏,祝志芳,熊绍武,等. 电除尘器阳极板振打加速度分布规律与仿真设计[J]. 环境工程学报,2010,4(5):1147 – 1152.
SHAO Yimin, ZHU Zhifang, XIONG Shaowu, et al. Simulation of rapping acceleration distribution principle on a positive plate for the design of an electrostatic precipitator[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(5): 1147 – 1152.

[13] ZHAO H B, YANG G, SHEN J D, et al. Research on the shielding effect of the electrode frames in the electrostatic precipitator[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2023, 73(6): 462 – 470.

[14] 罗水源,赵海宝,袁伟锋,等. 双 V 型均流式电除尘技术改造及流场优化[J]. 烧结球团,2024,49(5):124 – 129.
LUO Shuiyuan, ZHAO Haibao, YUAN Weifeng, et al. Modification and flow field optimization of double V type current-sharing electrostatic precipitator technology[J]. Sintering and Pelletizing, 2024, 49(5): 124 – 129.