



燃煤电厂环保设施技术问答丛书

除灰除渣技术问答

大唐环境产业集团股份有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

燃煤电厂环保设施技术问答丛书

除灰除渣技术问答

大唐环境产业集团股份有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

除灰除渣技术问答 / 大唐环境产业集团股份有限公司编. —北京: 中国电力出版社, 2019.4

(燃煤电厂环保设施技术问答丛书)

ISBN 978-7-5198-3081-6

I. ①除… II. ①大… III. ①燃煤发电厂—除灰—问题解答 ②燃煤发电厂—除渣—问题解答 IV. ① X773.05-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 071672 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 安小丹 (010-63412367)

责任校对: 黄 蓓 李 楠

装帧设计: 王红柳

责任印制: 吴 迪

印 刷: 北京天宇星印刷厂

版 次: 2019 年 4 月第一版

印 次: 2019 年 4 月北京第一次印刷

开 本: 140 毫米 × 203 毫米 32 开本

印 张: 8 印张

字 数: 297 千字

印 数: 0001-2000 册

定 价: 45.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

编审委员会

主任委员：李 奕

副主任委员：邓贤东 申 镇 郭亚斌 项建伟 刘维华

毛 辉 曾 兵 梁秀广 王长清 王光辉

任海涛 朱 梅

委 员：孙维本 金 安 田新利 梁庆源 邢百俊

李国胜 孟庆庆 王清明 陈 利 刘万里

李国强 赵 云 王力光 胡振杰 王 玮

刘 忠 江澄宇 于新玉 张秀华 张成虎

《除灰除渣技术问答》编审组

主 编：王长清

副 主 编：苏 琪

编写组成员：王力光 宋云鹏 曹书涛 啜广毅 王铁军

孙 钰 张彦婷 蔡 晶 李志同 张大军

张军强 曲红建 李 蔚 张 瑞 曹新富

胡瑞清

主 审：王力腾

会审组成员：王孔伟 卫耀东 张卷怀 王晓谦 王 刚



序言

习近平总书记在党的十九大报告中指出：“必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策，像对待生命一样对待生态环境。”只有坚持绿色发展，才能建设美丽中国，解决人与自然和谐共生问题，实现中华民族永续发展。在习近平新时代中国特色社会主义思想的指引下，国家发改委、生态环境部、国家能源局联合印发了《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014~2020年）》与《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》，要求到2020年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（即在基准氧含量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50mg/m³）。截至2017年底，全国已实施超低排放改造的煤电机组装机容量累计达到7亿kW，占全国煤电机组容量的比重超过70%。与此同时，我国燃煤电厂环保技术实现重大突破，以超低排放为核心的环保技术呈现多元化发展趋势，急需行业标准化、规范化。

大唐环境产业集团股份有限公司（以下简称大唐环境）是中国大唐集团有限公司发展环保节能产业的唯一平台，一直致力于能源与环境、大气污染控制工程方面的研究和应用，在以超低排放为核心的环保设施改造过程中，积累了丰富的实践经验。公司自2004年成立以来，产业结构不断优化，影响力日益增强，知名度不断提高，在节能环保领域的影响越来越大，2016年在香港联交所主板上市，现已成为中国电力行业节能环保领域的主导者和领先者。

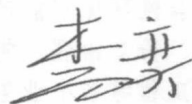
大唐环境以环保设施特许经营业务为主导，兼顾工程建设和产品制造的综合性环保节能产业结构布局，业务覆盖燃煤电厂脱硫脱硝、除尘除渣、粉尘治理，能源和水务等环保节能全产业链，同时涉足可再生能源工程等多个业务领域，并将业务拓展至印度、泰国、白俄罗斯等“一带一路”沿线国家。目前，公司拥有世界最大的脱硫、脱硝特许经营运营规模，拥有世界最大的脱硝催化剂生产基地，拥有国际领先的节能环保工程解决方案，荣获“十三五”最具投资价值上市公司——

中国证券金紫荆奖。

事以才立，业以才兴。大唐环境坚持人才强企战略，不断深化人才体制机制的改革创新，大力培育集团级首席专家和行业领军人物，打造由行业专家为学术带头人，由技术骨干为中坚力量，由青年人才为基础的，梯次合理、实力雄厚的科技创新团队。先后主导、参与编写了多项环保节能国家标准、行业标准以及国际标准。共获得专利授权673项，其中发明专利49项；取得技术成果30余项，其中取得技术鉴定证书13项，2项达到国际领先水平，8项达到国际先进水平。累计完成技术标准编制并发布11项，其中主编的国际标准1项、主编的国家标准1项，参编的国际标准2项。

不忘初心，不改矢志。大唐环境坚持“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，以创新的思维、开放共享的态度，用铁肩担起祖国节能环保建设的重任，组织公司各专业技术专家，编写了《燃煤电厂环保设施技术问答丛书》。该丛书涵盖了燃煤电厂脱硫、脱硝、除尘除渣、废水处理专业内容，内容全面，深入浅出，贴近现实，着眼未来，站在技术前沿，为环保污染物治理提供了很好的指导、借鉴作用。

此丛书可供火力发电厂脱硫、脱硝、除尘除渣、废水处理等运行检修人员阅读；可供从事电力生产管理、运行维护、检修改造等工作的技术人员、安全管理、工程监理人员学习使用；可作为高等院校环境工程、热能与动力工程、化学工程等专业师生的参考书；同时，也可供其他相关企业借鉴、参考。



2018年12月于北京



前言

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22号）已由国务院发布。打赢蓝天保卫战，是党的十九大做出的重大决策部署，事关满足人民日益增长的美好生活需要，事关全面建成小康社会，事关经济高质量发展和美丽中国建设。治理大气污染的要求更加严格，电力行业污染物排放仍是国家关注的重点，污染物排放严格控制以及环保设施治理成本的增加使除灰、除渣行业的发展面临严峻挑战和考验。同时，随着环境保护要求的不断提高以及环保设施的改造，除灰、除渣设备运行维护也遇到了前所未有的新问题。面对新形势新任务，国内大批从事除灰、除渣行业的一线生产人员以及相关专业的在校师生，迫切需要一本结合理论基础知识和生产实际紧密的专业技术参考书。为此，大唐环境产业集团股份有限公司组织行业内经验丰富的专家、学者、工程技术人员等精心编写了这本《除灰除渣技术问答》。

本书采用问答的形式将复杂的问题分解成几个较小的问题来叙述和解答，浅显易懂，便于读者根据需要查阅参考。深入浅出，既有许多相关的基本知识，又有解决复杂疑难技术问题的分析方法和方案。涉及除灰、除渣基础知识、工艺原理、运行维护、事故处理等内容，结合实际，知识点全面，理论重点突出，操作性强。可供从事燃煤火力发电厂除灰、除渣管理、运维等生产人员学习使用，其他行业也可借鉴参考。

本书共六章，由王长清担任主编，苏琪担任副主编，王力腾担任主审。第一、二章由王长清、啜广毅、王铁军、孙钰、张彦婷、蔡晶、李志同编写；第三、四章由王力光、宋云鹏、张大军、张军强、曲红建、李蔚编写；第五、六章由苏琪、曹书涛、张瑞、曹新富、胡瑞清编写。王孔伟、张卷怀、卫耀东、王刚、王晓谦参加书稿的会审。

在本书编写过程中，查阅了部分设备制造商产品说明书、国内外参考文献、专业书籍，并引用了相关技术文件中的部分观点及资料。同时邀请国内知名电力设计院、科研院等相关专家以及多名电厂生产

言 简

技术人员审阅，提出了大量宝贵的意见，在此深表谢意。

由于水平所限，加之时间仓促，书中存在的缺失和不足之处恳请广大读者批评指正。

编者

2019年2月



目 录

序言

前言

第一章 除尘系统.....1

第一节 概述.....1

1. 燃煤电厂锅炉燃烧产生的烟气污染物主要有哪些?1
2. 燃煤电厂锅炉烟气有哪些特点?1
3. 燃煤电厂烟尘污染物有哪些危害?1
4. 什么是除尘器?1
5. 什么是除尘效率?2
6. 什么是除尘器阻力?2
7. 什么是除尘器漏风率?2
8. 什么是含尘浓度?2
9. 什么是除尘器压力降?2
10. 我国对燃煤机组限定的烟尘排放指标是多少?2
11. 除尘器测点位置如何布置?3

第二节 电除尘器.....3

1. 什么是电除尘器?3
2. 简述电除尘器的工作过程。3
3. 为什么电除尘器不能采用均匀电场?3
4. 电除尘器是采用什么放电形式进行工作的?3
5. 什么是电晕放电, 其特点是什么?3
6. 电晕放电有几种形式?4
7. 工业电除尘器通常采用正电晕还是负电晕工作, 为什么?4
8. 电除尘在什么情况下采用正电晕?4
9. 什么是火花放电?4
10. 简述粉尘的荷电过程。4
11. 什么是粉尘驱进速度?4



目 录

12. 电除尘器效率公式是什么?	5
13. 什么是有效驱进速度?	5
14. 什么是电除尘器的一次电压和一次电流?	5
15. 什么是电除尘器的二次电压和二次电流?	5
16. 什么是电除尘器的伏安特性?	5
17. 什么是电除尘器的“电场”?	5
18. 电除尘器的“室”是如何定义的?	5
19. 电除尘器的“台”是如何定义的?	6
20. 什么是电除尘器内的烟气速度?	6
21. 什么是电除尘器的流通面积?	6
22. 什么是电除尘器的有效高度?	6
23. 什么是电除尘器的有效宽度?	6
24. 什么是比集尘面积?	6
25. 影响电除尘器性能的主要因素有哪些?	6
26. 什么是二次扬尘?	6
27. 什么是粉尘的比电阻?	7
28. 粉尘比电阻的变化对电除尘效率有何影响?	7
29. 什么叫作反电晕?	7
30. 什么是粉尘的黏附性, 它对电除尘器有何影响?	7
31. 将电除尘器电极上附着的粉尘清除下来的方式及 特点是什么?	7
32. 干式电除尘器有哪些优点?	7
33. 干式电除尘器有哪些缺点?	8
34. 湿式电除尘器有哪些特点?	8
35. 湿式电除尘器与干式电除尘器有何差异?	8
36. 电除尘器主要由哪几大部分组成?	8
37. 电除尘器本体主要部件有哪些?	9
38. 干式电除尘器的阳极系统主要由哪些零部件组成?	9
39. 湿式电除尘器的阳极组件有哪些型式?	9



40. 对干式电除尘器阳极板性能的基本要求是什么?	9
41. 电除尘器阴极系统由哪几部分组成, 有何特点?	9
42. 对电除尘器阴极线的基本要求是什么?	9
43. 为什么要求湿式电除尘器阴阳极材质具有抗腐蚀性? 主要材质有哪些?	10
44. 电除尘器的接地电极是阴极还是阳极?	10
45. 电除尘器清灰装置的作用是什么?	10
46. 对电除尘器振打装置的基本要求是什么?	10
47. 电除尘器阴极振打装置与阳极振打装置相比有哪些异同?	10
48. 电除尘器的振打方式主要有哪两种?	11
49. 湿式电除尘器的水冲洗方式有哪几种?	11
50. 简述湿式电除尘器连续冲洗水系统的组成及主要设备。	11
51. 简述湿式电除尘器间歇冲洗水系统的组成及主要设备。	11
52. 湿式电除尘器水系统管道主要分为哪几种? 可以采用哪些材质?	11
53. 电除尘器壳体的作用是什么?	11
54. 对电除尘器壳体的要求是什么?	11
55. 为什么要在电除尘器前烟道及进气喇叭口中加装气流 分布装置?	12
56. 电除尘器的进口烟箱和出口烟箱通常采用什么结构形式?	12
57. 为什么气流分布不均会造成电除尘器的效率下降?	12
58. 我国采用何种方法进行电除尘器气流分布均匀性的评定?	12
59. 如何确定气流分布装置的结构形式和技术参数?	12
60. 电除尘器的气流分布装置组成部件有哪些?	12
61. 电除尘器槽形板的作用是什么?	12
62. 电除尘器电气系统主要由哪几部分组成?	13
63. 电除尘器电气系统的作用是什么? 用电设备包括什么?	13
64. 电除尘器高压控制柜内的电气一次设备有哪些?	13
65. 电除尘器高压供电装置的作用是什么?	13



66. 电除尘器高压供电装置有哪些报警保护功能?	13
67. 高压电源晶闸管控制有什么特点?	14
68. 高压隔离开关的主要功能是什么?	14
69. 为什么不能切断负荷电流和短路电流?	14
70. 高压进线系统由什么组成?	14
71. 电除尘器高压电源供电特性的控制方式主要有哪几种?	14
72. 电除尘器低压自动控制装置都包含哪几种?	14
73. 分散控制系统对系统电源部分的基本要求有哪些?	15
74. 湿式电除尘器的控制系统由哪些设备组成?	15
75. 湿式电除尘器的控制系统有什么作用?	15
76. 什么是工作接地?	15
77. 工作接地的作用是什么?	15
78. 什么是保护接地?	15
79. 对电除尘器的接地有什么要求?	16
80. 为什么除尘器本体接地电阻不得大于 1Ω ?	16
81. 电除尘器整流变压器及瓷套管之间绝缘电阻是多少?	16
82. 电除尘器电场内绝缘电阻是多少?	16
83. 什么是电除尘器的“供电分区”?	16
84. 什么是电晕封闭?	16
85. 什么是电晕线肥大?	16
86. 电晕线肥大的产生原因有哪些?	17
87. 电晕线肥大对电除尘器运行有哪些影响?	17
88. 什么是“爬电现象”?	17
89. 爬电现象有何危害?	17
90. 如何避免爬电现象?	17
91. 反电晕对电除尘器有何影响?	17
92. 为消除高比电阻粉尘出现的反电晕现象, 可采取哪些措施? ..	17
93. 烟气调质技术的优点和缺点各是什么?	18
94. 转动极板技术的优点和缺点各是什么?	18



95. 什么是低低温电除尘技术?	18
96. 低低温电除尘技术为什么可以提高除尘效率?	19
97. 烟尘浓度的增加对电除尘器的除尘效率有何影响?	19
98. 湿式电除尘器壳体采用碳钢材料时如何防腐?	19
99. 湿式电除尘器防腐前需满足哪些条件?	19
100. 湿式电除尘器防腐时的注意事项有哪些?	19
101. 湿式电除尘器防腐验收有哪些检查项目?	19
102. 湿式电除尘器本体设备阻力一般为多少?	20

第三节 袋式除尘器

1. 什么是袋式除尘器?	20
2. 袋式除尘器的过滤机理是什么?	20
3. 袋式除尘器的工作过程是什么?	20
4. 袋式除尘器的优点有哪些?	20
5. 什么是袋式除尘器的过滤面积?	21
6. 什么是袋式除尘器的过滤风速?	21
7. 什么是袋式除尘器的清灰周期?	21
8. 什么是袋式除尘器的脉冲时间?	21
9. 什么是袋式除尘器的脉冲间隔?	21
10. 袋式除尘器按滤袋形状如何分类?	21
11. 袋式除尘器按清灰方式如何分类?	21
12. 什么是脉冲喷吹袋式除尘器?	22
13. 脉冲喷吹袋式除尘器清灰原理是什么?	22
14. 脉冲喷吹袋式除尘器的基本结构组成是什么?	22
15. 固定喷吹脉冲袋式除尘器清灰工艺及优点是什么?	22
16. 旋转喷吹脉冲袋式除尘器技术特点是什么?	22
17. 脉冲袋式除尘器清灰压力设定值一般为多少?	23
18. 袋式除尘器预涂灰的作用是什么?	23
19. 什么叫酸露点?	23
20. 在袋式除尘器工程应用中如何考虑酸露点的影响?	23

21. 袋式除尘器处理湿度较高的烟气时需注意哪些问题?	23
22. 袋式除尘器工作温度低于酸露点温度时有何后果?	23
23. 滤袋失效的形式有哪些?	24
24. 袋式除尘器滤料的后处理方式有哪些?	24
25. 对滤料进行浸渍处理的作用是什么?	24
26. 覆膜滤袋的特性是什么?	24
27. 燃煤电厂常用滤料有哪些?	24
28. PPS 滤料有哪些特性?	24
29. 预防 PPS 材质滤袋发生氧化腐蚀的措施有哪些?	24
30. 袋笼结构形状有哪些?	25
31. 为何电厂使用的袋笼要分节?	25
32. 多节袋笼的常见连接方式有哪些?	25
33. 袋笼的制作材料有哪些?	25
34. 燃煤电厂袋笼的表面处理措施有哪些?	25
35. 袋笼钢丝表面有机硅喷涂有何要求?	25
36. 袋式除尘器花板需满足哪些要求?	25
37. 什么是脉冲阀?	26
38. 袋式除尘器常用脉冲阀有哪几种形式?	26
39. 什么是脉冲阀喷吹气量?	26
40. 简述淹没式脉冲阀的工作原理。	26
41. 什么是袋式除尘器的分气箱?	26
42. 固定喷吹脉冲袋式除尘器如何防止喷吹气流损坏滤袋?	26
43. 固定喷吹脉冲袋式除尘器清灰用压缩空气需满足什么要求?	26
44. 压缩空气不达标时对袋式除尘器会产生什么后果?	27
45. 袋式除尘器气流分布板的材质应满足什么要求?	27
46. 紧急喷水降温系统的作用是什么?	27
47. 紧急喷水降温系统雾化喷嘴需满足哪些要求?	27
48. 什么是电袋复合除尘器?	27
49. 电袋复合除尘器的特点是什么?	27



第二章 除尘系统的运行维护..... 28

第一节 概述..... 28

1. 在当班检查期间遇雷暴雨天气时应怎样确保自身安全?..... 28
2. 电气安全用具有哪些? 28
3. 除尘器本体及其附属设备常规运行检查的要点是什么?
各自的检查频率是多少? 28
4. 除尘器灰斗部位常规运行检查的要点是什么?
其频率是多少? 29
5. 灰斗堵灰或输灰不畅对除尘器有哪些影响? 29
6. 除尘器出现灰斗不下灰现象的主要原因是什么?
如何处理? 29
7. 灰斗紧急卸灰时需注意哪些问题? 29
8. 灰斗蒸汽加热系统在运行时如何调节? 29

第二节 电除尘器的运行维护..... 30

1. 在锅炉启动初期的投油或煤油混烧阶段电除尘器为什么
不能投电场? 30
2. 为什么锅炉运行期间不能解列电除尘器? 30
3. 电除尘器启动前应做什么准备? 30
4. 投运电除尘器对高压回路绝缘电阻阻值的要求是什么?
测量阻值所用仪器是什么? 30
5. 电除尘器冷态空载升压试验应禁止在什么天气进行? 31
6. 电场的启动操作步骤是什么? 31
7. 电除尘器启停操作中有什么注意事项? 31
8. 电除尘器及其附属设备接地有什么要求? 31
9. 简述高压整流电源的送电程序。..... 31
10. 电除尘器高压供电设备中常用的控制方式有哪几种? 32
11. 电除尘器高压电源哪些值的调整对控制特性有影响? 32
12. 电除尘器绝缘子的加热控制方式有哪些? 32

13. 烟气条件较好时怎样选择控制方式, 采取何种方式 可获得较好的除尘效果?	32
14. 烟气条件适中时怎样选择控制方式, 采取何种方式 可获得较好的除尘效果?	32
15. 烟气条件较差时怎样选择控制方式, 采取何种方式 可获得较好的除尘效果?	33
16. 电场投运前须完成加热及振打投运的一般程序是什么?	33
17. “电流极限”的概念是什么?	33
18. “电流极限”的设定范围是多少?	33
19. “电流极限”的作用是什么?	33
20. “最佳火花率”的概念是什么?	33
21. 瓷套管内壁积灰严重对除尘器有什么影响?	34
22. 电除尘器内部的绝缘部件有哪些?	34
23. 电除尘器在运行当中应注意哪些事项?	34
24. 电除尘器运行安全技术规程中要求运行必须记录的 内容有哪些?	34
25. 电除尘器遇到何种情况应停机处理?	35
26. 如何进行电除尘器的空载升压试验?	35
27. 在各电场运行中, 火花率最大的是第几电场?	35
28. 变压器运行中的检查项目有哪些?	35
29. 高压控制电源在运行中有哪些检查项目及要 求?	36
30. 电场的停运操作步骤是什么?	36
31. 电除尘器停机的注意事项有哪些?	37
32. 电除尘器停机时的检查部位及检查项目有 哪些?	37
33. 高压整流电源的停电程序是怎样的?	38
34. 在何种情况下操作人员可进入电除尘器电 场内工作?	38
35. 电除尘器值班人员的主要职责是什么?	38
36. 电除尘器正常维修的主要内容有哪些?	38
37. 电除尘器高压设备大修的主要内容有 哪些?	39



38. 电除尘器低压电气设备大修的主要内容有哪些?	39
39. 电除尘器机械部分大修的主要内容有哪些?	40
40. 电除尘器检修划分为几个等级? 每个等级分别代表怎样的 检修程度?	40
41. A 级检修机械部分有哪些项目?	40
42. A 级检修电气部分有哪些项目?	41
43. 电除尘器电气部分的检查调整步骤是什么?	41
44. 进入电除尘器前, 应对高压隔离开关及其配套装置 进行哪些操作, 作用是什么?	41
45. 简述变压器有哪些特殊检查项目。	41
46. 高压供电装置中高压开关柜常规运行检查的要点是什么?	42
47. 低压控制设备及配电装置中电力变压器常规运行检查的 要点是什么?	42
48. 湿式电除尘器检查、维护及检修过程中, 存在哪些危害?	42
49. 在进入湿式电除尘器本体之前, 一般性预防措施有哪些?	42
50. 电除尘系统调试的范围包括哪些?	43
51. 电除尘系统热风吹扫系统调试包括哪些?	43
52. 电除尘器高压电源调试内容包括哪些?	43
53. 湿式电除尘系统水系统调试内容包括哪些?	44
54. 电除尘器实际运行中最常见的故障有哪几种?	44
55. 电除尘器常见的阳极系统故障有哪些, 如何处理?	44
56. 电除尘器常见的阴极系统故障有哪些, 如何处理?	44
57. 简述电除尘器控制柜内空气断路器跳闸或合闸后再跳闸的 主要原因及处理方法。	45
58. 电除尘器完全短路的现象是什么?	45
59. 简述电除尘器完全短路的主要原因及处理方法。	46
60. 简述电除尘器运行电压低, 电流小, 或升压严重闪络 而跳闸的原因及处理方法。	46