

电力技术继续教育科目指南丛书

# 火电厂环境监测

四川省电力公司 编  
四川电力教育协会



中国电力出版社

电力技术继续教育科目指南丛书

---

# 火电厂环境监测

四川省电力公司 编  
四川电力教育协会

中国电力出版社

## 内 容 提 要

为了促进电力企业专业管理人员和专业技术人员的继续教育和岗位培训工作,四川省电力工业局、四川省电力教育协会组织编写了《电力技术继续教育科目指南丛书》。本书为《电力技术继续教育科目指南丛书》之一,主要阐述了火电厂在生产过程中产生的污染物,包括废气、废水、噪声、电磁辐射的排放监测和环境污染治理设施运转效果的监测。其具体内容有:燃煤火电厂环境监测、火电厂环境监测管理、废水监测、废气监测、噪声监测、电磁辐射监测、电除尘器试验。

本书可供火电厂环境保护专业具有中、高级职称的技术人员和管理人员培训教材,也可供其他相关专业人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

火电厂环境监测/四川省电力公司,四川电力教育协会编. —北京:中国电力出版社,2003

(电力技术继续教育科目指南丛书)

ISBN 7-5083-1370-4

I. 火... II. ①四...②四... III. 火电厂-环境监测 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 002551 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http://www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 3 印张 63 千字

印数 0001—3000 册 定价 7.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 关于推荐使用 “电力技术继续教育丛书” 的通知

教成〔1998〕11号

为了促进电力企业专业管理人员和专业技术人员的继续教育和岗位培训工作，四川省电力工业局、四川省电力教育协会组织编写，并由中国电力出版社出版了《电力技术继续教育丛书》（一套15册），谨向各单位推荐使用。

中电联教育培训部

一九九八年三月十六日

《电力技术继续教育科目指南丛书》

编 委 会

主任委员：薛嘉璋

副主任委员：汪朝荣 凌廷亮

委 员：汪朝荣 朱国俊 侯太明 林文静

汤明俊 苏长华 贺含峰 张永领

王方强 陈绍彬 曹永兴 曾 宏

秦 刚 廖永纲 程树其 于康雄

总 编：汪朝荣

副 总 编：林文静

主 审：沈迪民 汤明俊 陈嵩铮

# 序

为贯彻《中国教育改革和发展纲要》中提出的职工教育要“把大力开展岗位培训和继续教育作为重点，重视从业人员的知识更新”的要求，使职工教育工作更好地为电力系统专业技术人员和管理人员拓展专业知识，提高专业技术水平和管理能力服务，为电力企业安全文明生产“双达标”、“创一流”服务，为促进电力事业的发展服务，在四川省电力公司的领导下，四川省电力教育协会与四川省电力公司人力资源部教育培训处组织一批专家、教授和工程技术人员，联系电力系统的实际，结合国内外电力技术现状及发展方向，贯彻继续教育面向现代化、面向世界、面向未来的方针，编写了第三批《电力技术继续教育科目指南丛书》，作为对电力系统专业技术人员进行继续教育的培训教材，也为电力系统的管理人员和生产人员提供一套学习资料。

第三批丛书共三册，分别是：《火电厂环境监测》、《汽轮机控制系统》、《高压带电作业》等，全部由中国电力出版社出版发行。

本批丛书在编写与审稿全过程中，得到了四川省电力公司领导和有关部门的大力支持与帮助。承担编写工作的四川电力试验研究院、内江发电总厂

等单位为丛书的编写提供了良好的工作条件，给予了极大的支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，错漏在所难免，诚望读者指正。

## **《电力技术继续教育科目指南丛书》**

**编 委 会**

2003 年 4 月

# 前 言

为了搞好继续教育，提高专业技术人员的技术水平，保证火电厂环境监测质量，由四川省电力公司、四川电力教育协会组织编写了《电力技术继续教育科目指南丛书 燃煤火电厂环境监测》一书，以供火电厂环境保护专业具有中、高级职称的技术人员和管理人员学习和培训用书。

本书内容涉及燃煤火电厂环境监测内容和环境监测管理、废水监测和废气监测、噪声监测、电磁辐射监测和电除尘器试验。在有关章节中，还对使用的仪器和原理进行了简要介绍。

为了使学员提高环境监测的理论水平和环境监测质量，教学时应该理论和实际相结合，组织学员在技术水平高、设备齐全和先进的环境监测单位实习，并参与具体的燃煤火电厂环境监测工作。学员可根据需要，按教材的引导，进一步学习有关知识；学员还应该在工作中，提高个人的实际操作技能及发现、分析和解决出现在燃煤火电厂环境监测中问题的能力。

建议本书以 60 学时完成教学。

**编 者**

2002 年 12 月

# 目 录

序

前言

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>第一章 燃煤火电厂环境监测内容 .....</b> | <b>1</b>  |
| 第一节 火电厂环境污染物 .....           | 3         |
| 第二节 火电厂环保设施 .....            | 6         |
| 第三节 火电厂环境监测内容 .....          | 8         |
| <b>第二章 火电厂环境监测管理 .....</b>   | <b>11</b> |
| 第一节 监测机构与职责 .....            | 11        |
| 第二节 环境监测人员与仪器设备 .....        | 13        |
| 第三节 环境监测规章制度 .....           | 16        |
| 第四节 环境监测资质 .....             | 18        |
| 第五节 环境监测数据与资料管理 .....        | 20        |
| <b>第三章 废水监测 .....</b>        | <b>24</b> |
| 第一节 监测目的 .....               | 24        |
| 第二节 监测项目和周期 .....            | 24        |
| 第三节 水样采集 .....               | 27        |
| 第四节 监测方法 .....               | 31        |
| 第五节 分析过程的质量保证 .....          | 33        |
| 第六节 常用废水监测仪器 .....           | 34        |
| 第七节 连续监测仪 .....              | 40        |
| <b>第四章 废气监测 .....</b>        | <b>43</b> |

|            |                     |           |
|------------|---------------------|-----------|
| 第一节        | 监测目的 .....          | 43        |
| 第二节        | 监测项目和周期 .....       | 43        |
| 第三节        | 监测方法 .....          | 44        |
| 第四节        | 测点布置 .....          | 44        |
| 第五节        | 采样方法 .....          | 47        |
| 第六节        | 监测仪器 .....          | 49        |
| 第七节        | 烟气监测注意事项 .....      | 52        |
| 第八节        | 连续监测简介 .....        | 56        |
| <b>第五章</b> | <b>噪声测量</b> .....   | <b>59</b> |
| 第一节        | 声波概述 .....          | 59        |
| 第二节        | 噪声主观评价参数 .....      | 61        |
| 第三节        | 声级计 .....           | 63        |
| 第四节        | 噪声测量 .....          | 65        |
| 第五节        | 数据处理 .....          | 66        |
| <b>第六章</b> | <b>电磁辐射监测</b> ..... | <b>69</b> |
| 第一节        | 电磁辐射概述 .....        | 69        |
| 第二节        | 电磁辐射监测 .....        | 69        |
| 第三节        | 电磁辐射限值 .....        | 71        |
| 第四节        | 电磁辐射防护 .....        | 74        |
| <b>第七章</b> | <b>电除尘器试验</b> ..... | <b>76</b> |
| 第一节        | 电除尘器气流分布试验 .....    | 76        |
| 第二节        | 振打加速度测定 .....       | 80        |
| 第三节        | 振打制度建立或调整试验 .....   | 82        |
| 参考文献       | .....               | 85        |



## 燃煤火电厂环境监测内容

燃煤火电厂是将煤储存的化学能转换成电能的场所，其主要原料是煤、天然水和空气，主要设备包括锅炉、汽轮机、发电机、除尘器及其配套辅助设备。在燃煤火电厂中，首先在锅炉中将燃料中的化学能转变为热能，再通过汽轮机将热能转变为机械能，随后通过发电机使机械能再进一步转变为电能。火电厂生产流程如图 1-1 所示。

煤在火电厂进行能源集中转换，既提供了国民经济和人民生活所需的电能和热能，又便于能源转换过程中所产生的污染物实现集中治理。但是，受我国现阶段技术和经济发展水平的限制，在生产过程中，仍然会产生相应的污染物，对环境产生一定的影响。

火电厂在生产过程中产生的污染物有废气、废水、废渣、噪声、电磁辐射等。为控制火电厂产生的环境污染，在火电厂中，设置了各类污染物的治理设施，如烟气净化设施、废水处理设施、灰渣处置与利用设施、噪声控制设施等。因此，废水、废气、废渣、噪声及电磁辐射等污染物的排放监测与环境污染治理设施的运转效果监测构成了火电厂环境监测的主要内容。



## 第一节 火电厂环境污染物

### 一、大气污染物

火电厂燃煤产生的烟气中所含的污染物主要有烟尘、硫氧化物、氮氧化物，此外，还有一氧化碳和少量的氟化物和氯化物等。这些组分来源于煤炭中的矿物组成物质，但其中氮氧化物的一部分是空气中的氮在煤燃烧过程的高温下氧化而成的。

#### 1. 二氧化硫

烟气中的二氧化硫是煤中多种形态的硫在高温下燃烧产生的。

硫在各种煤中是普遍存在的，其差别只是含量高低及存在形态的不同。煤中硫的存在形态通常分为两大类：一类是以有机物形态存在的硫，称为有机硫，另一类则是以无机物形态存在的硫，称为无机硫，某些煤中偶尔还存在少量单质硫。煤中各种形态的硫，按其燃烧特性可分为可燃硫和不可燃硫两大类：一切有机硫、无机硫化物及单质硫均为可燃硫，少量天然硫酸盐硫，则为不可燃硫。

煤在锅炉中燃烧时，煤中硫主要氧化成二氧化硫，从烟囱排入大气。硫转化成二氧化硫的比率随硫在煤中的存在形态、燃烧设备及运行工况而异。排入大气的二氧化硫量还与除尘器的类型有关，例如文丘里水膜除尘器可从烟气中除去约15%的二氧化硫，而一般湿式除尘器只能从烟气中除去约5%的二氧化硫。当煤燃烧生成二氧化硫的同时，还伴随少量三氧化硫的生成，其含量约占二氧化硫含量的1%~2%（摩尔比）。煤燃烧后残存于灰渣中的硫，通常以硫酸盐

形式存在，包括各种可燃硫燃烧后被灰渣固定下来新生成的硫酸盐。当燃用含硫量为 1% ~ 3% 的煤时，烟气中二氧化硫浓度一般为  $2000 \sim 6500 \text{ mg/Nm}^3$ ，而三氧化硫浓度一般仅为  $20 \sim 110 \text{ mg/Nm}^3$ 。

## 2. 氮氧化物

煤中氮的含量不高，大多数煤在 1% 左右，但其存在形态极为复杂，一般认为煤中氮均为有机氮。煤中氮的燃烧产物，主要为一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )，合称氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ )。影响氮氧化物生成的主要因素是炉膛中心温度及燃烧时间。此外，氮氧化物的形成还与炉内过剩的空气量有关。在煤燃烧所形成的氮氧化物中，低氮氧化物 (NO) 的浓度较高，而高氮氧化物 ( $\text{NO}_2$ ) 的浓度较低。因此排到大气中的主要是一氧化氮，而它在排往大气的流动过程中，再与氧反应逐渐氧化成二氧化氮。通常计算  $\text{NO}_x$  浓度时，都是按 100%  $\text{NO}_2$  来加以衡量的。

## 3. 烟尘

锅炉所排放的烟气由气体和固体两部分构成，其中固体包括灰粒和一部分未燃烧完全的炭粒，通常将这类固体称为“烟尘”。烟尘粒径很小，悬浮于烟气中，通过除尘装置将绝大部分加以收集，未除掉的很少部分则通过烟囱排入大气。

## 4. 微量元素

煤中微量元素包括金属元素和非金属元素，其中对环境影响较大的主要有氟、砷、铅、镉、汞、铬等。煤燃烧后，有的主要以气态随烟气排到大气中，如氟、汞等易挥发元素；有的则主要富集于灰渣中，如铅、镉、铬等。煤中有害元素的含量不高，但由于电厂燃煤量很大，其在环境中的富集不容忽视。因此对排入环境中的上述各元素的含量，火电

厂必须加以定期监测，当含量较高时，还应经常加以监控并采取防治措施。

## 二、水污染物

火电厂废水按生产过程及性质可分为：化学废水、煤场排水、含油污水、灰场排水、渣池排水、循环冷却系统排水、生活污水、直流冷却排水等；按照废水向外环境排放的地点可分为：灰场排水、厂区工业废水、生活污水、直流冷却排水等。

(1) 灰场排水：是火电厂的主要生产污水，其中所含的悬浮物、酸碱性物质、氟化物、砷化物、化学耗氧量、重金属等污染物是重点监测与监督的对象。

(2) 厂区工业废水：包括未回收利用的化学废水、煤场排水、含油污水等。这类废水所含的有机物、悬浮物、氟化物、六价铬、重金属等污染物质，是火电厂污水的主要污染物。

(3) 直流冷却排水：是指间接冷却水，如采用凝汽器直流冷却系统的排水，排放量巨大，对环境造成的影响主要是使受纳水体温度升高，在计算电厂污水量时通常不计入此类排水。若其中混入其他污水，则排放量应计算在污水量中。

(4) 生活污水：主要是指厂区生活污水，所含污染物主要为有机物（含微生物）和悬浮物等。

## 三、废渣

燃煤在锅炉中燃烧产生飞灰和炉渣，飞灰随烟气进入除尘器后被截留下来，炉渣则落至锅炉的底部。灰渣通过除灰设施输送至灰库或灰场贮置，或被运至用灰单位进行综合利用。建有脱硫装置的电厂，脱硫灰渣也是废渣的主要组成部分。

#### 四、噪声

火电厂的噪声主要来自生产中各类机械设备的运转及高压蒸汽的流动、排放和泄漏等。电厂中强度最大的声源是主厂房内的汽轮发电机组、磨煤机、高压蒸汽排汽装置、冷却水塔以及风机和空压机等设备。此外，升压变电所内的电晕放电和变压器风扇也产生噪声。

#### 五、电磁辐射

火电厂的电磁辐射主要来自变电设备及输电线路。

#### 六、电离辐射

火电厂的电离辐射主要由燃煤中的放射性元素产生。另外，核料位计、核皮带称以及射线探伤，也会产生电离辐射。

## 第二节 火电厂环保设施

为加强火电厂环境保护工作，减轻对环境造成的影响，火电厂建设了相应的污染治理设施，对污染物的产生和排放加以控制，使其满足环境保护要求。

### 一、烟气净化设施

目前在我国的技术经济条件下，烟气净化设施主要包括除尘器和烟气脱硫装置。对于氮氧化物的控制，则主要通过采用低氮燃烧器来降低  $\text{NO}_x$  的生成量。

(1) 除尘器：目前国内燃煤电厂采用的除尘器主要为电除尘器和文丘里水膜除尘器。电除尘器是利用强电场电晕放电使气体电离、粉尘荷电，并在电场力作用下，使粉尘从气体中分离出来的除尘装置，具有很高的除尘效率，通常可达99%以上。文丘里水膜除尘器由文丘里管和捕滴器组成，烟

尘在文丘里管段与雾化后的细小水滴碰撞、凝聚而形成灰水滴，进入捕滴器内被分离捕集，达到灰粒从烟气中分离的目的。

(2) 脱硫装置：目前我国大中型火电厂已建和在建的商业化烟气脱硫装置主要采用石灰石/石膏脱硫工艺。含硫烟气经除尘、降温后在吸收塔内与喷入的石灰石浆液反应，烟气中的  $\text{SO}_2$  被去除，脱硫烟气经升温后排入大气。这类脱硫装置具有脱硫效率高（可达 95% 以上）、吸收剂利用率高的特点。此外，电子束烟气脱硫技术、烟气循环流化床脱硫技术经过示范装置的试验运行后，也将在我国得到逐步推广应用。

(3) 氮氧化物控制设备：包括炉内燃烧脱氮和烟气脱氮两大类，前者为我国现阶段的主要脱氮方式。由于影响氮氧化物生成的主要因素为炉膛燃烧中心温度、燃烧时间以及过剩空气量，因此降低燃烧温度和过剩空气量，以及延长燃烧时间通常是降低氮氧化物生成量的主要途径。目前我国大容量机组一般采用低氮燃烧器降低氮氧化物在炉内的生成量。低氮燃烧器将燃烧器分成高、低浓度燃料喷口的燃烧器组，使燃烧温度降低，从而抑制氮氧化物的生成。至于已在我国得到逐步推广应用的循环流化床锅炉，则是通过控制燃烧温度来抑制氮氧化物的生成。烟气脱氮主要有干法氨催化还原和湿法氨气吸收两大类，前者应用较普遍。采用天然气再燃烧脱氮正在试验研究中。目前我国火电厂尚无烟气脱氮装置。

## 二、废水处理设施

火电厂废水处理系统可分为集中处理与回收（排放）、分散处理集中回收（排放）、分散处理分散排放（回收）三