

超（超）临界机组自动化技术丛书

锅炉炉膛安全监控系统 及其应用

王 疆 张永霞 潘 钢 李 鑫 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

超（超）临界机组自动化技术丛书

锅炉炉膛安全监控系统 及其应用

王 疆 张永霞 潘 钢 李 鑫 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书分为七章，主要内容包括概述、锅炉燃烧系统及炉前设备、FSSS 功能系统主要组成及核心原理、火力发电厂煤粉锅炉 FSSS 设计、火力发电厂循环流化床锅炉 FSSS 设计、火力发电厂清洁能源锅炉 FSSS 设计、火力发电厂 FSSS 应用实例。

第一章“概述”主要介绍了锅炉的发展历史、锅炉类型及其特点、FSSS 功能系统常用术语、FSSS 常用标准；第二章讲解锅炉燃烧系统及炉前设备；第三章讲解 FSSS 功能系统主要组成及核心原理；第四章讲解火力发电厂煤粉锅炉 FSSS 设计；第五章讲解火力发电厂循环流化床锅炉 FSSS 设计；第六章讲解火力发电厂清洁能源锅炉 FSSS 设计；第七章讲解火力发电厂 FSSS 应用实例。

本书语言简洁，实例丰富、实践性强。本书可供电厂的热工技术人员和工程师参考，也可供生产过程自动化（热工）的本科生、硕士研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

锅炉炉膛安全监控系统及其应用/王疆等编著. —北京：中国电力出版社，2014.8

(超(超)临界机组自动化技术丛书)

ISBN 978-7-5123-5718-1

I. ①锅… II. ①王… III. ①火电厂-电厂锅炉-安全监控系统 IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 060332 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 337 千字

印数 0001—3000 册 定价 45.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 会

主 任 朱永芾

副 主 任 钟鲁文 关晓春 潘 钢

委 员 邱忠昌 夏 明 陈 勇 周希平

主 编 潘 钢

副 主 编 叶 敏

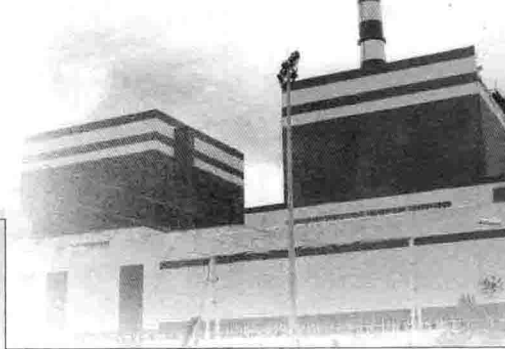
主 审 夏 明

主要参编人员 (按姓氏拼音排序)

陈 峰 黄焕袍 李亚群 李岳峰 吕大军

曲 云 田雨聪 万 晖 王苏华 王 疆

周海东 张 智 朱镜灵



序

我国富煤、贫油、少气的能源结构决定了现阶段及今后相当长一段时期，发电生产仍然是以燃煤火力发电为主的格局。因此，提高燃煤机组效率，降低污染物排放量是火力发电技术的必然发展趋势。

改革开放以来，随着国民经济快速发展，我国电力行业也进入了历史性的高速发展时期，尤其是 2002 年电力体制改革之后，电力装机容量在不到十年的时间内实现了从 5 亿到 10 亿 kW 的历史性突破。陆续建设投产了一批高效节能、清洁燃烧的超（超）临界发电机组，“十一五”期间，我国火电供电煤耗降到 333g 标准煤/kWh，接近国际先进水平 330g 标准煤/kWh。

近年来，中国国电集团公司着力以发展新能源引领企业转型升级，以建设创新型企业推动发展方式转变，不断寻求传统电力能源企业的新突破。调整火电结构、加强传统能源高效清洁利用、有机延伸发电产业链、大力发展相关产业，已成为中国国电集团公司转变发展方式、调整产业结构的重要举措。

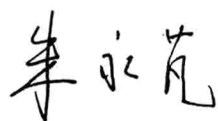
科技产业是中国国电集团公司的优势和特色。集团公司组建时，继承了原国家电力公司的一批科技企业，经过几年悉心培育，自主创新能力不断增强，科技创新体系更加完善，在新能源、节能、环保、自动化和信息化等高端装备制造领域已达到世界先进水平，成为集团公司的核心竞争优势和转型发展的重要支撑。

随着火电机组装机容量的增大，生产过程越来越复杂，经济环保运行要求越来越高，火电厂自动化控制系统已经成为大型火力发电机组的核心技术和重要装备之一。火电厂自动化控制系统技术发展快、难度大，长期以来一直被国外著名厂商垄断。近年来，通过国内相关企业和科研单位持续不懈的努力，在重大技术装备高端自动化领域取得了重大突破。其中，北京国电智深控制技术有限公司在国家发改委、科技部、能源局、工信部等国家部委，以及中国国电集团公司和国家电网公司等单位的大力支持下，通过实施国家发改委产业化专项、科技部 863 计划重点项目等一批国家级项目，以及中国国电集团公司、国家电网公司科技创新项目，在国内

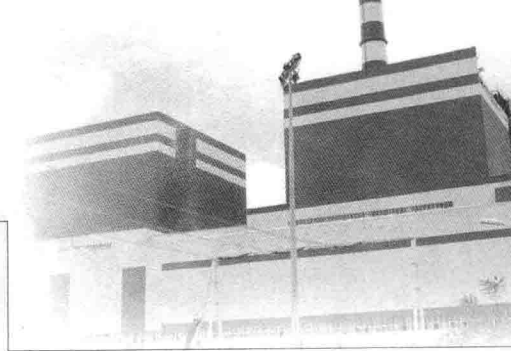
率先完成了大型自动化成套控制系统在 600MW 亚临界空冷机组、600MW 超临界机组和 1000MW 超超临界机组等的首台套应用，并成功实现了产业化推广，自主研发的自动化控制系统技术达到国际领先水平，大大促进了行业的技术进步。

在多年积累的自动化控制领域科研开发和工程实践的经验基础上，北京国电智深控制技术有限公司组织编写了《超（超）临界机组自动化技术丛书》，对该专业的技术发展和所取得的应用成果进行了系统和深入的总结。相信会对我国自动化技术的发展以及大型火力发电机组的优化运行和节能增效起到积极推动作用。

衷心期望北京国电智深控制技术有限公司能够继续发扬自主创新、勇攀高峰的精神，不断取得更加辉煌的成绩，更好地服务于中国电力事业。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '朱永宽' (Zhu Yongkang).

二〇一二年十二月



前言

随着我国经济的高速发展,社会各方面对电力的要求越来越高。而电力行业的发展也随着科技的进步而加快步伐。对于火力发电厂来说,选择大容量、高参数、低能耗且对环境污染小的火电机组,提高能源的使用效率,是电力发展的趋势。而机组容量越来越大,就对机组的安全性、操作简便性等提出了更高的要求。

锅炉是电厂三大主机之一,其重要性不言而喻。锅炉及其辅助设备系统复杂、互相耦合性强。因此对锅炉,尤其是大容量、高参数锅炉的安全性应该尤为重视。锅炉炉膛安全监视系统(以下简称 FSSS)就是为了防止锅炉在极端情况下不发生爆炸(内爆或外爆),采取相应逻辑动作的一种功能,它可以最大限度地保护锅炉不发生危险。这些逻辑动作既包括了预防危险,也包括在已处于危险情况下停止设备甚至停炉,还包括了对锅炉燃料设备的管理。

编者多年从事火电机组的 FSSS 功能的设计、实施、调试等工作,从理论、标准、实践等各个方面对 FSSS 功能系统做了全面的总结,希望本书能对相关人员有所帮助。

本书共分为七章:

第一章主要是介绍锅炉及 FSSS 概述,内容包括了锅炉发展历程、锅炉类型及其特点、FSSS 功能系统常用术语、FSSS 常用标准。

第二章讲解锅炉燃烧系统及炉前设备,内容包括了锅炉燃烧系统介绍、锅炉燃烧形式及火焰形状、锅炉炉前设备介绍。

第三章讲解 FSSS 功能系统主要组成及核心原理,内容包括了锅 FSSS 功能主要组成、FSSS 各功能顺序、FSSS 功能系统核心原理。

第四章讲解火力发电厂煤粉锅炉 FSSS 设计,包括对电厂煤粉锅炉 FSSS 的各子功能,即泄漏试验、炉膛吹扫、OFT、MFT、油燃烧器管理、煤燃烧器管理、RB 等的详细分析。

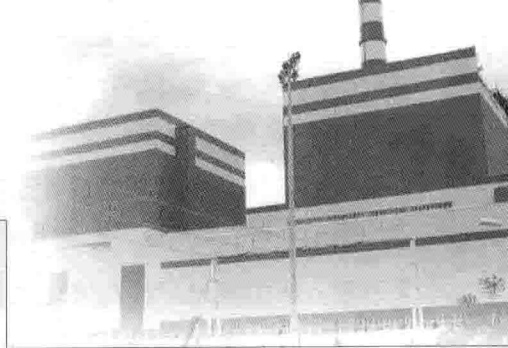
第五章讲解火力发电厂循环流化床锅炉 FSSS 设计,主要是对电厂循环流化床锅炉和煤粉锅炉在 FSSS 功能中的区别做了详细比较和分析,并详细介绍了循环流化床锅炉跳闸子功能。

第六章讲解火力发电厂清洁能源锅炉 FSSS 设计,针对近年逐渐增多的新能源锅炉的 FSSS 功能进行了详细分析。

第七章讲解火力发电厂 FSSS 应用实例,通过对 FSSS 各子功能进行举例,说明了各子功能实现的注意事项。

第一章由潘钢编写,第二、三章由王疆编写,第四章由王疆和张永霞编写,第五章由张永霞、李鑫编写,第六章由李鑫编写,第七章由张永霞编写。

限于编者水平,难免出现不足之处,敬请广大读者批评指正。



目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 锅炉发展历程	1
第二节 锅炉类型及其特点	3
第三节 FSSS 功能系统常用术语	4
第四节 FSSS 常用标准	6
第二章 锅炉燃烧系统及炉前设备	9
第一节 锅炉燃烧系统	9
第二节 锅炉燃烧形式及火检系统	15
第三节 锅炉炉前设备	24
第三章 FSSS 功能系统主要组成、各功能顺序及核心原理	28
第一节 FSSS 功能主要组成	28
第二节 FSSS 各功能顺序	33
第三节 FSSS 功能系统核心原理	34
第四章 火力发电厂煤粉锅炉 FSSS 设计	38
第一节 油泄漏试验功能设计原理及逻辑分析	38
第二节 炉膛吹扫功能设计原理及逻辑分析	51
第三节 亚临界汽包炉主燃料跳闸功能设计原理及逻辑分析	59
第四节 超(超)临界直流炉主燃料跳闸功能设计原理及逻辑分析	77
第五节 主燃料跳闸硬回路设计原理及要点	81
第六节 油燃料跳闸功能设计原理及逻辑分析	86
第七节 油燃烧器管理功能设计原理及逻辑分析	91
第八节 微油点火燃烧器管理功能设计原理及逻辑分析	107
第九节 煤燃烧器管理功能设计原理及逻辑分析	109
第十节 等离子系统功能设计原理及逻辑分析	123
第十一节 RUNBACK 功能设计原理及逻辑分析	127

第十二节	FCB 功能设计原理及逻辑分析	133
第十三节	FSSS 其他重要逻辑设计原理及逻辑分析	137
第五章	火力发电厂循环流化床锅炉 FSSS 设计	139
第一节	煤粉锅炉 FSSS 与循环流化床锅炉 FSSS 的区别	139
第二节	循环流化床锅炉主燃料跳闸功能设计原理及逻辑分析	140
第三节	循环流化床锅炉燃料管理功能设计原理及逻辑分析	146
第六章	火力发电厂清洁能源锅炉 FSSS 设计	149
第一节	秸秆燃料锅炉 FSSS 设计	149
第二节	垃圾焚烧锅炉 FSSS 设计	152
第七章	火力发电厂 FSSS 应用实例	158
第一节	油泄漏试验功能应用实例	158
第二节	炉膛吹扫功能应用实例	161
第三节	主燃料跳闸功能应用实例	168
第四节	油燃料跳闸功能应用实例	179
第五节	油燃烧器管理功能应用实例	181
第六节	煤燃烧器管理功能应用实例	195
第七节	FSSS 其他重要逻辑应用实例	208
参考文献		213

第一章

概 述

第一节 锅 炉 发 展 历 程

锅炉，是一种利用燃料燃烧释放的热能或其他热能加热水或其他工质，以生产规定参数（温度、压力）和品质的蒸汽、热水或其他工质的设备。锅的原意指在火上加热的盛水容器，炉指燃烧燃料的场所，锅炉包括锅和炉两大部分。锅炉中产生的热水或蒸汽可直接为工业生产和人民生活提供所需热能，也可通过蒸汽动力装置转换为机械能，或再通过发电机将机械能转换为电能。提供热水的锅炉称为热水锅炉，主要用于生活，工业生产中也有少量应用。产生蒸汽的锅炉称为蒸汽锅炉，常简称为锅炉，多用于火电站、船舶、机车和工矿企业。

锅炉的发展分锅和炉两个方面。

18 世纪上半叶，英国煤矿使用的蒸汽机，包括瓦特的初期蒸汽机在内，所用的蒸汽压力等于大气压力。18 世纪后半叶改用高于大气压力的蒸汽。19 世纪，常用的蒸汽压力提高到 0.8MPa 左右。与此相适应，最早的蒸汽锅炉是一个盛水的大直径圆筒形立式锅壳，后来改用卧式锅壳，在锅壳下方砖砌炉体中烧火。

随着锅炉越做越大，为了增加受热面积，在锅壳中加装火筒，在火筒前端烧火，烟气从火筒后面出来，通过砖砌的烟道排向烟囱并对锅壳的外部加热，称为火筒锅炉。开始只装一只火筒，称为单火筒锅炉或康尼许锅炉，后来加到两个火筒，称为双火筒锅炉或兰开夏锅炉。

1830 年左右，在掌握了优质钢管的生产和胀管技术之后出现了火管锅炉。一些火管装在锅壳中，构成锅炉的主要受热面，火（烟气）在管内流过。在锅壳的存水线以下装上尽量多的火管，称为卧式外燃回火管锅炉。它的金属耗量较低，但需要很大的砌体。

19 世纪中叶，出现了水管锅炉。锅炉受热面是锅壳外的水管，取代了锅壳本身和锅壳内的火筒、火管。锅炉的受热面积和蒸汽压力的增加不再受到锅壳直径的限制，有利于提高锅炉蒸发量和蒸汽压力。这种锅炉中的圆筒形锅壳遂改名为锅筒，或称为汽包。初期的水管锅炉只用直水管，直水管锅炉的压力和容量都受到限制。

20 世纪初期，汽轮机开始发展，它要求配以容量和蒸汽参数较高的锅炉。直水管锅炉已不能满足要求。随着制造工艺和水处理技术的发展，出现了弯水管式锅炉。开始是采用多锅筒式。随着水冷壁、过热器和省煤器的应用，以及锅筒内部汽、水分离元件的改进，锅筒数目逐渐减少，既节约了金属，又有利于提高锅炉的压力、温度、容量和效率。

以前的火筒锅炉、火管锅炉和水管锅炉都属于自然循环锅炉，水汽在上升、下降管路中因受热情况不同，造成密度差而产生自然流动。在发展自然循环锅炉的同时，从 20 世纪 30

年代开始应用直流锅炉, 40 年代开始应用辅助循环锅炉。

辅助循环锅炉又称强制循环锅炉, 它是在自然循环锅炉的基础上发展起来的。在下降管系统内加装循环泵, 以加强蒸发受热面的水循环。直流锅炉中没有锅筒, 给水由给水泵送入省煤器, 经水冷壁和过热器等蒸发受热面, 变成过热蒸汽送往汽轮机, 各部分流动阻力全由给水泵来克服。

第二次世界大战以后, 这两种型式的锅炉得到较快发展, 因为当时发电机组要求高温高压和大容量。发展这两种锅炉的目的是缩小或不用锅筒, 可以采用小直径管子作受热面, 可以比较自由地布置受热面。随着自动控制和水处理技术的进步, 它们渐趋成熟。在超临界压力时, 直流锅炉是唯一可以采用的一种锅炉, 20 世纪 70 年代最大的单台容量是 27MPa 压力配 1300MW 发电机组, 后来又发展了由辅助循环锅炉和直流锅炉复合而成的复合循环锅炉。

在锅炉的发展过程中, 燃料种类对炉膛和燃烧设备有很大的影响。因此, 不但要求发展各种炉型来适应不同燃料的燃烧特点, 而且还要提高燃烧效率以节约能源。此外, 炉膛和燃烧设备的技术改进还要求尽量减少锅炉排烟中的污染物(硫氧化物和氮氧化物)。

早年的锅壳锅炉采用固定炉排, 多燃用优质煤和木柴, 加煤和除渣均用手工操作。直水管锅炉出现后开始采用机械化炉排, 其中链条炉排得到了广泛的应用。炉排下送风从不分段的“统仓风”发展成分段送风。

早期炉膛低矮, 燃烧效率低。后来人们认识到炉膛容积和结构在燃烧中的作用, 将炉膛造高, 并采用炉拱和二次风, 从而提高了燃烧效率。

发电机组功率超过 6MW 时, 以上这些层燃炉的炉排尺寸太大, 结构复杂, 不易布置, 所以 20 世纪 20 年代开始使用室燃炉, 室燃炉燃烧煤粉和油。煤由磨煤机磨成煤粉后用燃烧器喷入炉膛燃烧, 发电机组的容量遂不再受燃烧设备的限制。自第二次世界大战初起, 电站锅炉几乎全部采用室燃炉。

早年制造的煤粉炉采用了 U 形火焰, 燃烧器喷出的煤粉气流在炉膛中先下降, 再转弯上升。后来又出现了前墙布置的旋流式燃烧器, 火焰在炉膛中形成 L 形火炬。随着锅炉容量增大, 旋流式燃烧器的数目也开始增加, 可以布置在两侧墙, 也可以布置在前后墙。1930 年左右出现了布置在炉膛四角且大多成切圆燃烧方式的直流燃烧器。

第二次世界大战后, 石油价廉, 许多国家开始广泛采用燃油锅炉。燃油锅炉的自动化程度容易提高。20 世纪 70 年代石油提价后, 许多国家又重新转向利用煤炭资源。这时电站锅炉的容量也越来越大, 要求燃烧设备不仅能燃烧完全, 着火稳定, 运行可靠, 低负荷性能好, 还必须减少排烟中的污染物质。

在燃煤(特别是燃褐煤)的电站锅炉中采用分级燃烧或低温燃烧技术, 即延迟煤粉与空气的混合或在空气中掺烟气以减慢燃烧, 或把燃烧器分散开来抑制炉温, 不但可抑制氮氧化物生成, 还能减少结渣。沸腾燃烧方式属于一种低温燃烧, 除可燃用灰分十分高的固体燃料外, 还可在沸腾床中掺入石灰石用以脱硫。

现在我国的火电厂锅炉, 逐渐向高容量、大参数、高效率的锅炉迈进。我国最高等级的 1000MW 及机组, 大约对应 3000t/h 左右的主蒸汽流量的锅炉。同时, 我国也正在研制处于世界先进水平的锅炉, 例如, 四川白马示范电站, 属于 600MW 级电厂, 其锅炉是世界首台超临界 1900t/h 蒸汽流量的循环流化床锅炉, 标志着我国在某些领域的锅炉研究, 已处于世界前列, 引领了世界潮流。

第二节 锅炉类型及其特点

为了更清楚地说明锅炉炉膛安全监视系统对于不同锅炉采取的不同保护方法,必须知道锅炉的分类。本节就将锅炉的分类做出介绍。

可以从不同角度出发对锅炉进行分类。

一、按照常规的分类方法作出如下分类

1. 按烟气流动来划分

水管锅炉、锅壳锅炉(火管锅炉)、水火管组合式锅炉。

2. 按锅筒放置来划分

立式锅炉、卧式锅炉。

3. 按锅筒数量来划分

单锅筒锅炉、双锅筒锅炉。

4. 按用途来划分

生活锅炉、工业锅炉、电站锅炉、车船用锅炉。

5. 按介质来划分

蒸汽锅炉、热水锅炉、汽水两用锅炉、有机热载体锅炉。

6. 按安装方式来划分

快装锅炉、组装锅炉、散装锅炉。

7. 按燃料来划分

燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、余热锅炉、电加热锅炉、生物质锅炉。

8. 按水循环来划分

自然循环、强制循环、直流锅炉、复合循环。

9. 按压力来划分

常压锅炉、低压锅炉、中压锅炉、高压锅炉、超高压锅炉。

10. 按锅炉数量来划分

单锅筒锅炉、双锅筒锅炉。

11. 按燃烧来划分

内燃式锅炉、外燃式锅炉。

12. 按工质来划分

自然循环锅炉、强制循环锅炉、直流锅炉等。

13. 按制造级别来划分

A级蒸汽压力分为:

低压锅炉 ($p < 2.45\text{MPa}$)、中压锅炉 ($3.8 < p < 5.8\text{MPa}$)、高压锅炉 ($5.9 < p = 12.6\text{MPa}$)、超高压锅炉 ($12.7 < p = 15.8\text{MPa}$)、亚临界锅炉 ($15.9 < p = 18.3\text{MPa}$)、超临界锅炉 ($22.115 < p < 30\text{MPa}$)、超超临界锅炉 ($p > 30\text{MPa}$)。

二、为了更好地根据锅炉的不同形式来确定不同的锅炉保护及燃料控制方案,锅炉又有细化的分类

下面介绍这些分类及其对于 FSSS 功能的影响:

1. 按照燃料进入炉膛的方式分类

直吹式制粉系统锅炉、中储式制粉系统锅炉。

对于“中储式制粉系统”，其主要作用在于“将煤料制成煤粉”，而不是控制燃料进入炉膛。控制燃料进入炉膛主要是由给粉机实现。这样的系统好处是制粉系统的运行与否短时间内不直接影响锅炉运行，只影响煤粉仓的料位。而“直吹式制粉系统”，其主要是“将煤料制成煤粉，并控制煤粉进入炉膛”。可以看出，“直吹式制粉系统”的管理更复杂些。工程中，“直吹式制粉系统”比“中储式制粉系统”所控制的设备多一些，其步序复杂程度也大一些。

另外，对于“中储式制粉系统”，还包括“排粉机，相关设备及其步序”。

2. 按照燃烧方式及火焰形状分类

四角切圆燃烧方式锅炉、前后墙对冲燃烧方式锅炉、W型火焰燃烧方式锅炉。

这种分类方法影响燃烧器的控制方式。对于四角切圆燃烧的锅炉，由于燃烧器布置于锅炉四角，因此控制方式可以分为单角、对角、层控制。而对于前后墙对冲燃烧方式锅炉，其燃烧器布置不是在四个角，而是在同一直线上，因此控制方案只有单燃烧器、同一排燃烧器的控制，并没有对角燃烧器的控制。

3. 按照锅炉参数及其决定的给水方式分类

超临界直流锅炉、亚临界汽包炉。

这种分类方式主要决定了锅炉保护的条件区别。例如，对于汽包炉，MFT（主燃料跳闸）就有汽包水位高3值、汽包水位低3值，但超临界直流炉就没有这样的条件，取而代之的是另一种表征给水不平衡的条件：给水流量低3值。

4. 按照锅炉的燃烧原理不同分类

煤粉锅炉、循环流化床锅炉。

煤粉锅炉是用磨煤机将煤块磨成煤粉，经燃油或等离子点燃后进行燃烧提供热量的锅炉；而循环流化床不需要将煤块磨成煤粉，而是直接在流态化的煤的床层内进行燃烧。这样，在制粉或给煤的系统控制方案中，存在很大的差异：在燃料的管理中，煤粉锅炉存在给煤系统、制粉系统、给粉系统的控制；而循环流化床只存在给煤系统。

第三节 FSSS 功能系统常用术语

火力发电厂 FSSS 是非常专业的系统，包含了大量的专业术语。必须对这些术语有很深刻的理解，才能全面地掌握整个 FSSS 的设计与应用。本节侧重介绍 FSSS 中常用的专业术语，这些术语的定义绝大部分来自国际、国内、行业的各种标准。

一、FSSS 有关术语

FSSS: Furnace Safeguard Supervisory System。

FSSS 即“锅炉炉膛安全监视系统”，是指：当锅炉炉膛燃烧熄火时，保护炉膛不爆炸（外爆或内爆）而采取监视和控制措施的自动系统。FSSS 包括燃烧器控制系统（Burner Control System, BCS）和炉膛安全系统（Furnace Safety System, FSS）。

注：1. FSSS 定义见《火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程》。

2. 在某些场合，也有人将 FSSS 称为 BMS（Burner Mamege System），即燃烧管理系统。

二、FSS 有关术语

1. 油泄漏试验: leaktest

油泄漏试验是针对进油快关阀、油母管再循环阀及油角阀的密闭性所做的试验。

2. 炉膛吹扫: furnace purge

使空气流过炉膛, 锅炉烟井及与其相连的烟道, 以有效地清除任何积聚的可燃物, 并用空气予以置换的过程。

注: 定义见《火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程》(DL/T 655—2006)。

3. 燃煤吹扫流量: purge rate

吹扫烧煤锅炉用空气质量流量, 在其测点处应不小于 25%, 也不应大于 40% 满负荷时的空气流量, 并应当恒定。

注: 定义见《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

4. 主燃料跳闸: main fuel trip

由人工操作或保护信号指令动作快速进入锅炉炉膛的所有燃料。

注: 定义见《火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程》(DL/T 655—2006)。

5. 油燃料跳闸: main fuel trip

由人工操作或保护信号指令动作快速进入锅炉炉膛的所有燃料。

三、BCS 的有关术语

1. 火焰: flame

燃料和空气迅速转换成燃烧产物的化学过程的可见的或其他形迹。

注: 定义见《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

2. 火焰包络: flame envelope

燃料和空气迅速转换成燃烧产物的独立过程的空间范围 (不限可见部分)。

注: 《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

3. 火焰检测器: flame detector

俗称“火检”。燃料和空气迅速转换成燃烧产物的独立过程的空间范围 (不限可见部分)。

注: 《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

4. 吹洗: Scavenging

俗称“油枪吹扫”。燃烧器火点火器停用后使用许可的蒸汽或空气通过燃烧器来清洗留在其中的剩余液体燃料的过程。

注: 定义见《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

5. 点火器: igniter

能在一瞬间提供足够的点火能量去点着主燃烧器的固定安装的设备。

(1) 第一类点火器 (class1): 用于点燃进入燃烧器的燃料和在燃烧器着火或运行情况下助燃。它的安装位置和容量应能够为相应的燃烧器提供足够的点火能量 (一般大于燃烧器负荷的 10%), 使燃烧器输入的气粉混合物温度能提高到最低着火温度以上。

(2) 第二类点火器 (class2): 一种在预先规定的着火条件下用于点着燃烧器燃料的点火器。它的容量范围一般是燃烧器出力的 4%~10%。

(3) 第三类点火器 (class3): 一种在规定的着火条件下, 用于点着燃气或燃油燃烧器

的小容量点火器。再用该燃气或燃烧器点燃主燃烧器的燃料。这种燃烧器的容量一般不超过主燃烧器满出力的 4%。

(4) 第三类特殊点火器 (class3 special): 一种特殊的高能电火花点火器, 它能直接点燃主燃器燃料。

“第一类点火器”一般指三级点火中的重油或二级点火中的轻油; “第二类点火器”一般指三级点火中的轻油; “第三类点火器”一般指点火枪; “第三类特殊点火器”一般指等离子点火。

注: 定义见《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

6. 流态化

定义为当固体粒子群与气体或液体接触时, 使固体粒子转变成拟流体状态的一种操作。

7. 流化床燃烧

流化床燃烧是指化石燃料、废物和各种生物质等燃料颗粒在流态化状态下进行燃烧。

8. 循环流化床燃烧

循环流化床燃烧是一种在炉内组织高速运动的烟气与其所携带的湍流扰动极强的密集粉体质点密切接触, 并且有大量粒子成团返混回流的流态化燃烧反应过程; 同时还组织了在炉外将绝大部分高温的固态颗粒捕集, 并将它们送回炉内再次参与燃烧过程, 如此反复循环地组织燃烧。

注: 定义见《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》(DL/T 435—2004)。

第四节 FSSS 常用标准

锅炉由于其大容量、高参数运行的特性, 容易出现事故, 而一旦出现事故, 可能造成的伤害就相当大。因此国际以及国内有大量有关锅炉安全保护的各种标准、规范。FSSS 功能因为涉及锅炉的安全保护问题, 所以要遵守这些标准、规范。下面将介绍标准的分类, 以及 FSSS 功能常用的国际、国家、行业标准。

一、标准的分类

1. 国际标准

国际标准化组织 (ISO)、国际电工委员会 (IEC) 和国际电信联盟 (ITU) 制定的标准, 以及国际标准化组织确认并公布的其他国际组织制定的标准。

例如: “ISO 9000”标准, 就是由 TC176 (指质量管理体系技术委员会) 制定的质量管理体系标准, 它不是指一个标准, 而是一族标准的统称。

2. 国内标准

(1) 国家标准: 由国家标准化主管机构批准发布, 对全国经济、技术发展有重大意义, 且在全国范围内统一的标准。

例如: GB/T 18135 (电气工程 CAD 制图规则)。

注: 1. 国家标准一般以 GB 开头。

2. 标准是可以上升的。例如: ANSI _ NFPA _ 85 由美国防火学会制定, 并被上升为美国国家标准。

(2) 行业标准: 由我国各主管部、委 (局) 批准发布, 在该部门范围内统一使用的标准。

例如: DL/T 589 火力发电厂燃煤电站锅炉的热工检测控制技术导则。

注：我国的电力标准以“DL”开头。

(3) 地方标准（又称为区域标准）：对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求，可以制定地方标准。

(4) 企业标准：对企业范围内需要协调和统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。

二、电力行业“安全”相关标准介绍

1. 《美国国家防爆协会标准》NFPA-8502（简称“《防爆标准》”）

美国防火协会（National Fire Protection Association）是国际上较早制定安全标准的机构，其指定的《防爆标准》是公认的“标准中的标准”。后续的其他标准均参照了这套标准。

这套标准不但给出了应该做、可以做、不可做的详细规定，并解释了这些规定背后的原因。例如，炉膛吹扫时风量大于 25%，这一点很好理解：风量越大，吹扫越彻底。但是风量要小于 40%，这一点是很多人不太理解的。早年的控制方案中也没有这样的描述。但是《防爆标准》给出了答案：即“如果吹扫风量太大，可能将灰斗中正在阴燃的可燃物扬起”。

2. 《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》国电发〔2000〕589 号（简称“《二十五项反措》”）

本标准是国内电力行业经常使用的一套标准。这套标准中包括了以下二十五项反事故规定。这其中，有关 FSSS 及其控制设备的条款包括以下 8 项：

- (1) 防止火灾事故。
- (2) 防止电气误操作事故。
- (3) 防止大容量锅炉承压部件爆漏事故。
- (4) 防止压力容器爆破措施。
- (5) 防止锅炉尾部再次燃烧事故。
- (6) 防止锅炉炉膛爆炸事故。
- (7) 防止制粉系统爆炸和煤尘爆炸事故。
- (8) 防止汽包缺水和满水事故。

其中最重要的是第 6 项“防止锅炉炉膛爆炸事故”，描述了对电力行业锅炉保护的规定。

第 9 项及第 9 项以后的条款，属于对电站汽轮机、发电机、变电站等事故的防治措施，不在本书讨论范围。

3. 《火力发电厂设计技术规程》（DL 5000—2000）

简称“大火规”，这也是国内电力行业经常使用的一套标准。这套标准中，关于 FSSS 的内容有：

- (1) “锅炉设备及系统”。
- (2) “热工自动化”。

这套标准有一些其他标准中没有，但是很关键的规定。例如，早年有一些控制方案中要求对 MFT 条件加入手动投切的按钮，但是根据本标准：“保护回路中不应设置供运行人员切、投保护的任何操作设备”，后来的 MFT 方案中取消了投、切按钮。

4. 《火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统技术规程》（DL 116—1993）

5. 《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》（DL/T 435—2004）

本标准主要针对煤粉锅炉而制定。对 FSSS 中的 FSS 做了框架性的规定；对炉膛内爆、

外爆做了详细的阐述。本标准的特色是对炉膛报警做了一般性的规定，将预防锅炉事故放在了重要的位置上。

6. 《火力发电厂燃煤电站锅炉的热工检测控制技术导则》(DL/T 589—1996)

7. 《火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程》(DL/T 655—2006)

本标准对 FSSS 的测试验收工作提出了规定，即当 FSSS 的实现设备为分散控制系统 (DCS) 时，系统做到什么程度，可以达到验收的标准。

8. 《火力发电厂开关量控制系统验收测试规程》(DL/T 658—2006)

本标准是对开关量的验收作了规定。但由于 FSSS 本身也属于开关量范畴，因此也部分的涉及了 FSSS 的功能。