

ICS 27.100

P 60

备案号: J2707— 2019

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5556 — 2019

火力发电厂循环流化床锅炉系统 设计 规 范

**Code for design of circulating fluidized bed boiler system of
fossil-fired power plant**

2019-06-04 发布

2019-10-01 实施

国家能源局 发布

国家能源局 公告

2019 年 第 4 号

国家能源局批准《光伏发电工程电气设计规范》等 297 项行业标准,其中能源标准(NB)105 项、电力标准(DL)168 项、石化标准(NB/SH)24 项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局

2019 年 6 月 4 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
.....							
256	DL/T 5556—2019	火力发电 厂循环流 化床锅炉 系统设计 规范			中国计划 出版社	2019-06-04	2019-10-01
.....							

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2014〕298 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结火力发电厂循环流化床锅炉系统设计经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,烟风系统,燃料制备系统,锅炉燃料供给系统,石灰石粉制备及输送系统,床料系统,底渣系统,启动助燃油系统和紧急补水系统。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮编:100120,邮箱:bz_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位:中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

本标准主要起草人员:杨 强 张加蓉 范勇刚 张露璐
许 华 柏 荣 张华伦 马爱萍
卢 游 万 屹 王仕能 党 楠
冯 颖 刘延林 陈卫国 贺清辉
本标准主要审查人员:赵 敏 钟晓春 于长友 王宏斌
姚宇飞 吕 震 李佩建 王汉强
胡 军 俞 华 彭红文 韩 萍
韦迎旭 魏继平 段春霖 郝思红
牛国平

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	烟风系统	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	一次风系统	(3)
3.3	二次风系统	(5)
3.4	高压流化风系统	(6)
3.5	烟气系统	(8)
3.6	烟气净化系统	(10)
3.7	系统运行控制要求	(11)
4	燃料制备系统	(12)
4.1	筛、碎设备	(12)
4.2	碎煤机室布置	(14)
4.3	煤泥系统	(15)
5	锅炉燃料供给系统	(17)
5.1	给煤系统	(17)
5.2	煤泥管道输送系统	(19)
6	石灰石粉制备及输送系统	(23)
6.1	石灰石接卸储存和输送	(23)
6.2	石灰石粉制备系统	(24)
6.3	石灰石粉输送	(28)
7	床料系统	(32)
7.1	启动添加床料系统	(32)
7.2	在线添加床料系统	(32)

8	底渣系统	(35)
8.1	底渣冷却	(35)
8.2	底渣输送和储存	(36)
9	启动助燃油系统	(39)
10	紧急补水系统	(41)
	本标准用词说明	(43)
	引用标准名录	(44)
	附:条文说明	(45)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Air and gas system	(3)
3.1	General requirements	(3)
3.2	Primary air system	(3)
3.3	Secondary air system	(5)
3.4	High pressure fluidized air system	(6)
3.5	Flue gas system	(8)
3.6	Flue gas purification system	(10)
3.7	System running control requirements	(11)
4	Fuel preparation system	(12)
4.1	Screening and crushing machine	(12)
4.2	Coal crusher station arrangement	(14)
4.3	Slime system	(15)
5	Boiler fuel feeding system	(17)
5.1	Coal feeding system	(17)
5.2	Slime piping transportation system	(19)
6	Limestone powder preparation and transportation system	(23)
6.1	Limestone unloading and transportation	(23)
6.2	Limestone powder preparation system	(24)
6.3	Limestone powder transportation	(28)
7	Bed medium system	(32)
7.1	Startup bed medium adding system	(32)

7.2	Operation bed medium adding system	(32)
8	Bottom ash system	(35)
8.1	Bottom ash cooling	(35)
8.2	Bottom ash transportation and storage	(36)
9	Fuel oil system for startup and combustion stabilization	(39)
10	Emergency make-up water system	(41)
	Explanation of wording in this code	(43)
	List of quoted standards	(44)
	Addition; Explanation of provisions	(45)

1 总 则

1.0.1 为了规范火力发电厂循环流化床锅炉系统设计,满足安全可靠、技术先进、经济合理的要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于单机容量 125MW 及以上燃用化石燃料的火力发电厂循环流化床锅炉系统设计,包括烟风系统、燃料制备系统、锅炉燃料供给系统、石灰石粉制备及输送系统、床料系统、底渣系统、启动助燃油系统和紧急补水系统等。

1.0.3 循环流化床锅炉系统炉内、炉外脱硫效率应根据锅炉热效率、灰渣综合利用、物料价格、脱硫工艺等因素综合确定。

1.0.4 火力发电厂循环流化床锅炉系统的设计除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 循环流化床锅炉 circulating fluidized bed boiler

循环流化床锅炉是采用流化态燃烧方式,并在燃烧室后设置颗粒分离装置以实现物料循环的锅炉。

2.0.2 外置床 external bed

附属于锅炉,位于锅炉炉膛和尾部烟道外的、采用流化床型的并在其内布置有受热面的外置式热交换器。

2.0.3 布风板 air grid

位于锅炉炉膛下部,用于承载物料、分配进入锅炉一次风的部件。

2.0.4 锥形阀 cone valve

阀体为锥形的一种具有调节功能的开关装置,位于锅炉颗粒分离装置和外置床之间、锅炉炉膛和冷渣器之间的物料通道上。

2.0.5 初级筛、碎设备 preliminary screening and crushing machine

用于将粒度大于 300mm 的燃料进行预筛、碎的筛分设备和破碎设备的总称,包含初级筛煤机和初级碎煤机。

2.0.6 粗筛、碎设备 coarse screening and crushing machine

用于将较大粒度燃料进行初步筛、碎的筛分设备和破碎设备的总称,包含粗筛煤机和粗碎机。

2.0.7 细筛、碎设备 fine screening and crushing machine

用于将燃料进行最终筛、碎的筛分设备和破碎设备的总称,包含细筛机和细碎机。

2.0.8 分选筛煤机 separating screen

一种用于将经细筛、碎设备制备后仍大于循环流化床锅炉粒度要求的超限燃料从系统中分离出来的筛分设备。

3 烟风系统

3.1 一般规定

3.1.1 烟风系统应根据锅炉风平衡图进行设计。

3.1.2 烟风道设计应符合现行行业标准《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121 的有关规定。

3.2 一次风系统

3.2.1 一次风系统(图 3.2.1)设计应包括从一次风机入口到炉底一次风的设备及风道,也包括风源取自一次风的播煤风、密封风、冷却风等。

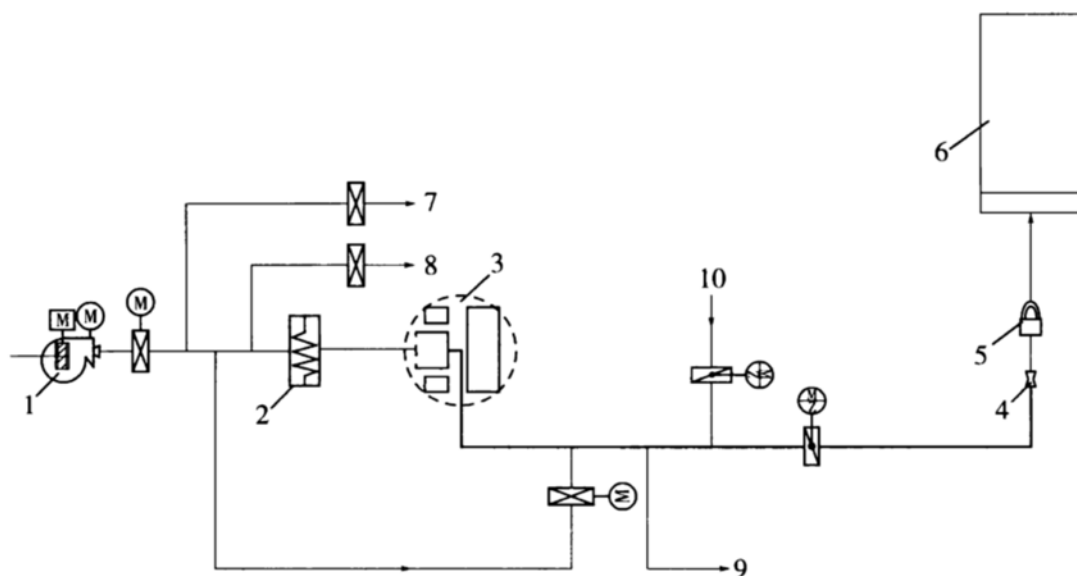


图 3.2.1 一次风系统

- 1—一次风机;2—暖风器;3—空气预热器;4—流量测量装置;
5—风道燃烧器;6—炉膛;7—至油枪冷却风;8—至给煤机密封风;
9—至播煤风;10—来自高压流化风

3.2.2 一次风机的形式和台数应符合下列规定：

1 一次风机宜采用调速离心式风机，调速装置宜采用变频器，也可采用液力耦合器；

2 每台炉宜配置 2 台 50% 容量的一次风机。

3.2.3 一次风机的风量和压头应符合下列规定：

1 一次风机的基本风量应按锅炉燃用设计燃料计算，应包括锅炉在最大连续蒸发量时所需的一次风量，含至炉底的一次风量和用于播煤、密封、冷却等的间接一次风量，及制造厂保证的空气预热器运行一年后一次风侧的净漏风量。一次风机选型风量裕量不宜低于基本风量的 20%，宜另加温度裕量，可按夏季通风室外计算温度确定；

2 一次风机的风压应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 第 8.9.4 条第 1 款第 4 项的有关规定；

3 一次风机选型应满足 BMCR 工况、50%BMCR 工况、启动工况、油枪最大负荷工况的要求。

3.2.4 播煤风系统的设计应符合下列规定：

1 播煤风系统应根据煤质及炉型特点确定；

2 对设置播煤风机的系统，播煤风机风源宜取自一次风系统；

3 每台炉播煤风机宜设 1 台，并设置风机旁路；

4 播煤风机风量裕量宜为 10%，风压裕量宜为 20%。

3.2.5 一次风加热系统应符合下列规定：

1 应根据工程气象条件及燃料条件设置一次风加热系统，通过技术经济比较可选用暖风器或其他空气加热形式，不宜选用热风再循环系统；

2 当炉膛出口 SO_2 浓度较低、环境温度较高或空气预热器冷端采用耐腐蚀材料，确能保证空气预热器不被腐蚀、不堵灰时，可不设置一次风加热系统；

3 暖风器系统应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 中第 8.3.3 条第 5 款的有关规定。

3.2.6 锅炉应设置快速冷却风,宜从冷一次风引接。

3.2.7 一次风机出口风道及支吊架设计应采取避免风道振动的措施。

3.3 二次风系统

3.3.1 二次风系统(图 3.3.1)设计应包括从二次风机入口到锅炉燃烧用二次风的设备及风道,也包括风源取自二次风的播煤风、密封风、冷却风等。

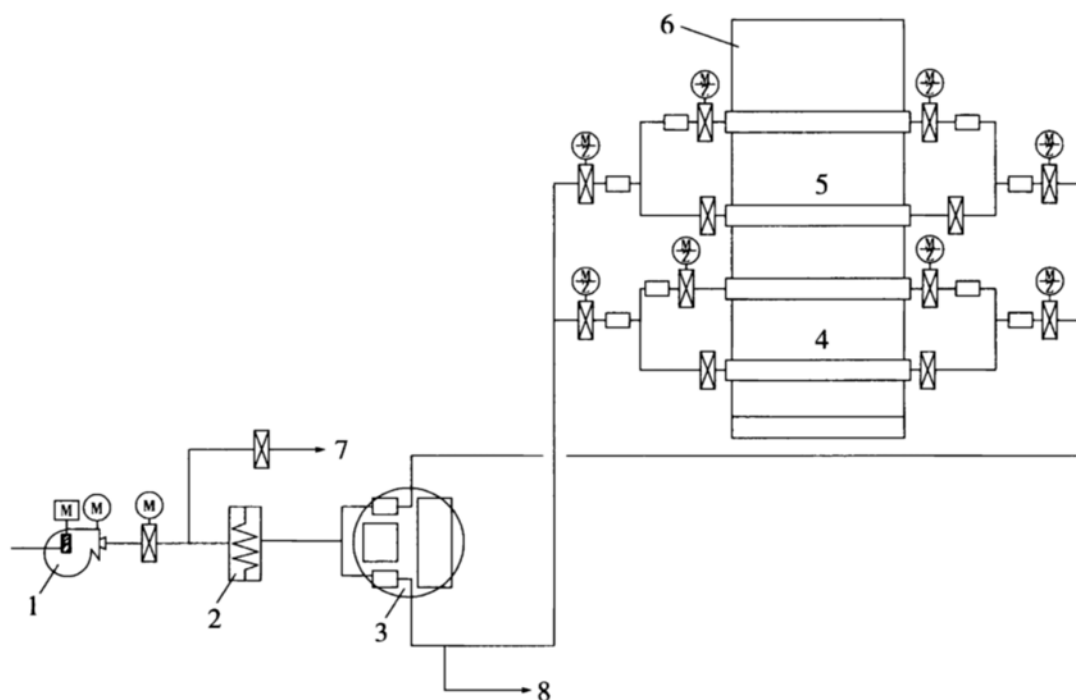


图 3.3.1 二次风系统

1—二次风机;2—暖风器;3—空气预热器;4—下二次风箱;

5—上二次风箱;6—炉膛;7—至密封风等其他用风;

8—至播煤风等其他用风(如有)

3.3.2 二次风机的形式和台数应符合下列规定：

1 二次风机可采用调速离心式风机或动叶可调轴流风机。当采用调速离心风机时，调速装置宜采用变频器，也可采用液力耦合器；

2 每台炉宜配置 2 台 50% 容量的二次风机。

3.3.3 二次风机的风量和压头应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 中第 8.9.4 条第 2 款第 3 项和第 4 项的有关规定。二次风机选型还应满足 BMCR 工况、50% BMCR 工况、启动工况、油枪最大负荷工况的要求。

3.3.4 二次风加热系统应符合下列要求：

1 应根据工程气象条件及燃料条件设置二次风加热系统，通过技术经济比较可选用暖风器或其他空气加热形式，不宜选用热风再循环系统；

2 当炉膛出口 SO_2 浓度较低、环境温度较高或空气预热器冷端采用耐腐蚀材料，确能保证空气预热器不被腐蚀、不堵灰时，可不设置二次风加热系统；

3 二次风暖风器系统应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 中第 8.3.3 条第 5 款的有关规定。

3.3.5 当采用单台离心式二次风机时，宜在风机出口设置通大气管道。

3.3.6 至二次风喷嘴的风道上应设置调节风门。

3.3.7 二次风机出口风道及支吊架设计应采取避免风道振动的措施。

3.4 高压流化风系统

3.4.1 高压流化风系统(图 3.4.1)设计应包括从流化风机入口到锅炉回料器、外置床流化用风的设备及风道，也包括风源取自高压流化风的密封风、冷却风等。

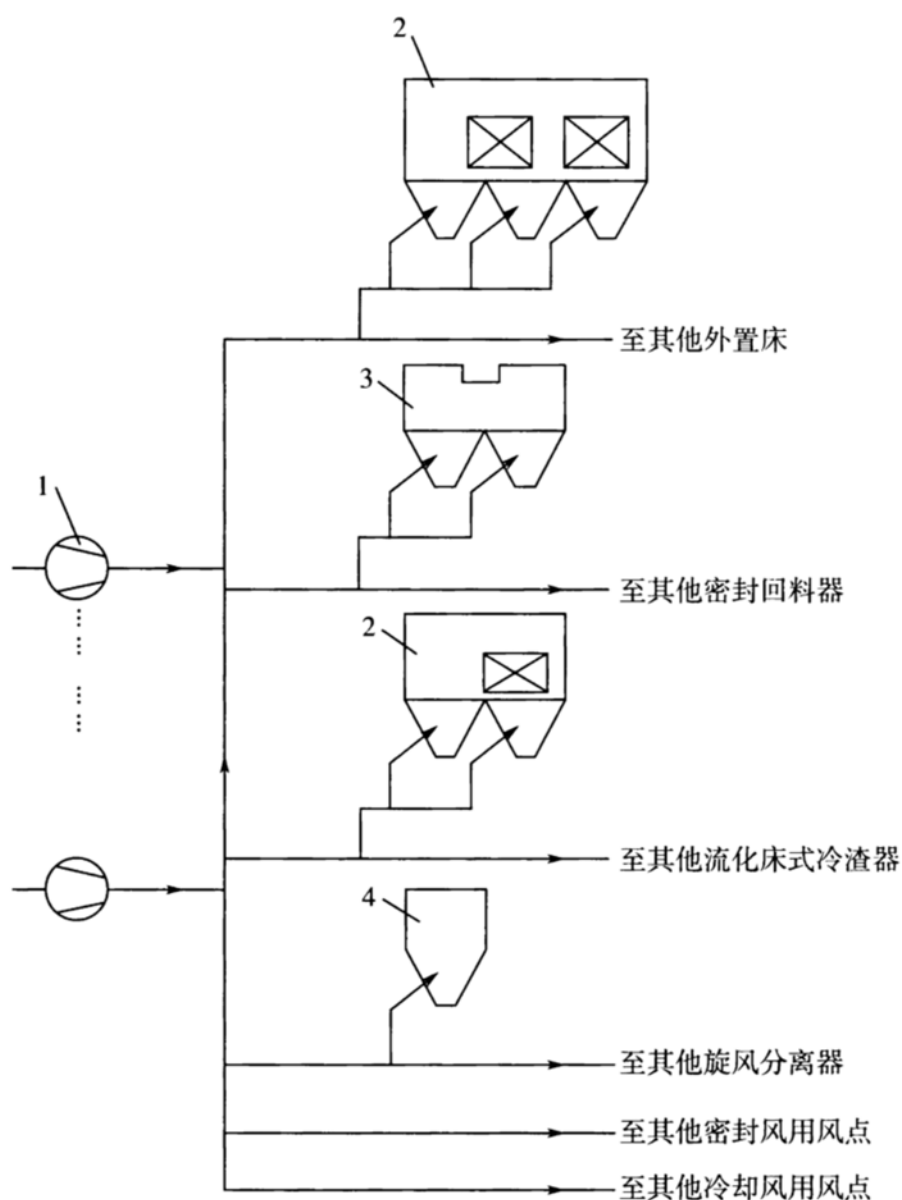


图 3.4.1 高压流化风系统

1—流化风机;2—外置床;3—密封回料器;4—流化床式冷渣器;5—旋风分离器

3.4.2 高压流化风机的形式和台数应符合下列规定:

1 高压流化风机宜选用定速风机,可选用多级离心风机、单级高速离心风机或罗茨风机;

2 高压流化风机的数量应根据锅炉高压风量,风机型式和造价经技术经济比较后确定,并应配置 1 台同容量的备用风机,且总数量不宜少于 3 台。

3.4.3 高压流化风机的风量和压头应符合下列规定：

1 高压流化风机的基本风量应按锅炉燃用设计燃料、最大连续蒸发量时所需的流化风量计算。高压流化风机的基本风压应按锅炉燃用设计燃料、最大连续蒸发量时所需的流化风压计算。

2 高压流化风机的选型应同时满足以下要求：

1) 风量裕量取 10%，压头裕量为从风机吸风口至锅炉流化风喷嘴出口阻力的 21% 加上喷嘴出口背压附加值，调节风门阻力不考虑裕量；

2) 风量裕量取 20%，压头裕量为从风机吸风口至锅炉流化风喷嘴出口阻力的 44%，调节风门阻力不考虑裕量。

3.4.4 高压流化风道的设计要求应符合现行行业标准《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121 的有关规定，同时还应符合下列规定：

1 高压流化风道宜采用圆形管道；

2 高压流化风机出口风道设计应考虑风温升高的影响；

3 每个用风点处的流化风道上应设置调节风门；

4 当高压流化风机选用罗茨风机时，其出口流化风道上应设置一路通向一次热风的泄压风道；

5 流化风系统的设计应有流化风机并联运行时防止反转措施。

3.4.5 高压流化风机宜集中布置，每台风机出口流化风道应顺气流方向接入母管。

3.5 烟 气 系 统

3.5.1 烟气系统设计应包括从空气预热器出口到烟囱的设备及烟道。

烟气系统(一)(图 3.5.1-1)所示流程为：烟气自锅炉出口经除尘器、引风机和湿法脱硫塔后至烟囱；

烟气系统(二)(图 3.5.1-2)所示流程为：烟气自锅炉出口经干法脱硫塔、布袋除尘器、引风机后至烟囱，在引风机出口至干法脱硫塔入口间设置烟气再循环。

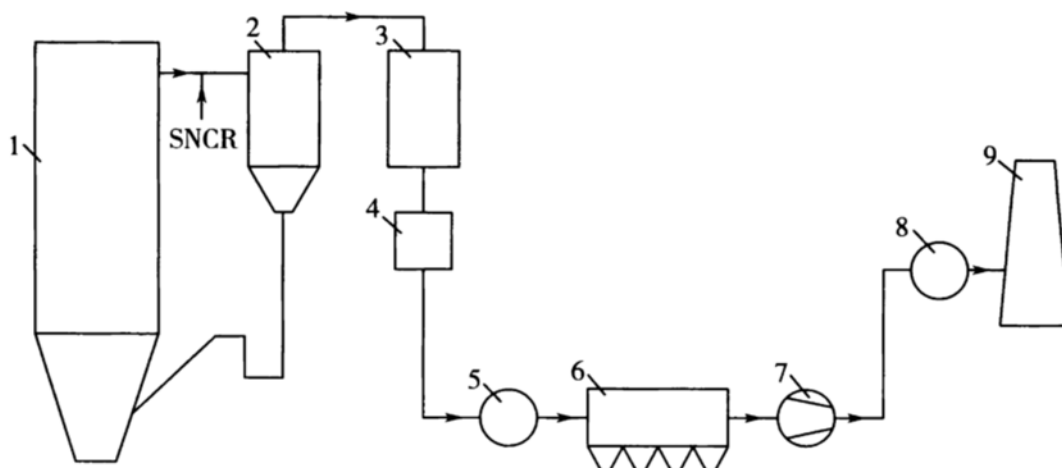


图 3.5.1-1 烟气系统(一)

1—炉膛;2—旋风分离器;3—尾部烟井;4—SCR 装置;
5—空气预热器;6—除尘器;7—引风机;8—湿法脱硫塔;9—烟囱

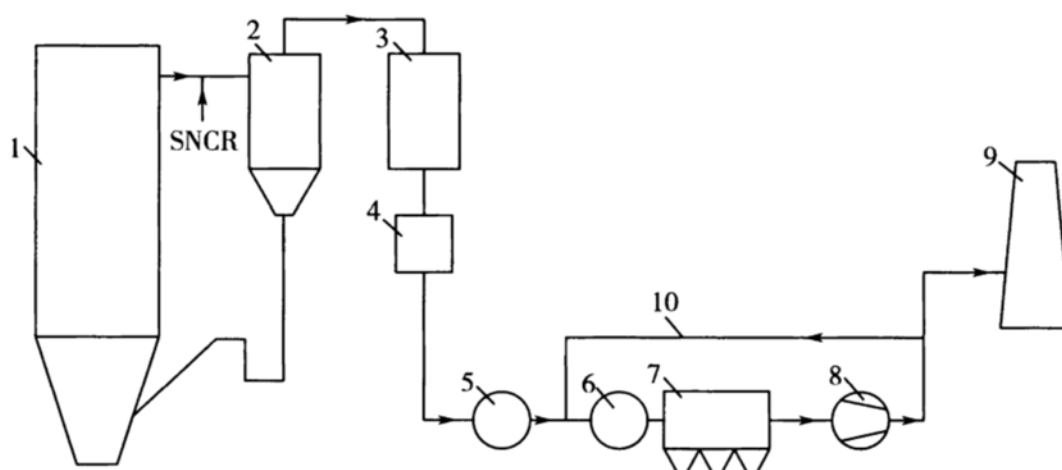


图 3.5.1-2 烟气系统(二)

1—炉膛;2—旋风分离器;3—尾部烟井;4—SCR 装置;5—空气预热器;
6—干法脱硫塔;7—布袋除尘器;8—引风机;9—烟囱;10—烟气再循环

3.5.2 300MW 以下机组锅炉宜采用管式空气预热器,300MW 级机组每台锅炉宜选用 1 台四分仓回转式空气预热器,600MW 级及以上机组每台锅炉宜选用 2 台四分仓回转式空气预热器。

3.5.3 引风机的形式和台数应符合下列规定:

1 引风机宜选用轴流式风机,也可选用调速离心式风机;

2 每台锅炉宜设置 2 台 50% 容量的引风机；

3 烟气系统应按现行行业标准《火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程》DL/T 5240—2010 中第 12.1.5 条和第 15.2.6 条的规定进行预防锅炉内爆工况的安全性评估。

3.5.4 引风机的风量和压头应符合下列规定：

1 引风机的基本风量应为燃用设计燃料锅炉在最大连续蒸发量时的烟气量、空气预热器运行 1 年后烟气侧漏风量保证值及锅炉烟气系统漏风量之和；

2 引风机基本压头应按燃用设计燃料锅炉最大连续蒸发量工况计算，应包括含自身通风及炉膛起始点负压的锅炉本体烟气侧阻力、烟气脱硝装置、除尘器及系统阻力；当引风机与脱硫增压风机合并设置时，还应包括烟气脱硫装置阻力；

3 引风机的风量裕量不宜低于 10%，宜另加 10℃～15℃ 的温度裕量；引风机的压头裕量不宜低于 20%。

3.6 烟气净化系统

3.6.1 烟气净化系统应按满足环境保护对烟气污染物排放的要求及燃料特性等进行设计。

3.6.2 脱硝工艺宜选用选择性非催化还原工艺，还原剂喷入点宜为锅炉旋风分离器入口水平烟道。脱硝工艺也可选用选择性非催化还原与选择性催化还原联合工艺。

3.6.3 炉后烟气脱硫工艺可选用半干法烟气脱硫工艺或石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺。

3.6.4 除尘设备的形式选择应根据烟气排放粉尘量及粉尘浓度的要求、煤灰特性和灰渣综合利用的要求等因素确定，可选用静电除尘器、电袋复合除尘器或布袋除尘器。

3.6.5 静电除尘器和布袋除尘器的台数及除尘效率保证条件应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 中第 8.4.2 条和第 8.4.3 条的有关规定。

3.6.6 电袋复合除尘器的台数及除尘效率保证条件应符合下列规定：

1 对于 200MW 级及以上机组，每台锅炉设置的电袋复合除尘器台数不宜少于 2 台，200MW 级以下机组可只设 1 台。

2 所选用的电袋复合除尘器在下列任一条件下，应能达到保证的除尘效率：

- 1) 除尘器的烟气流量应为燃用设计燃料在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气量，另加 10% 的裕量；烟气温度应为燃用设计燃料在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气温度加 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ ，并停用电场区中的 1 个供电区或袋区的 1 个通道或 1 个进气室；
- 2) 除尘器的烟气流量应为燃用校核燃料在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气量，烟气温度应为燃用校核燃料在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气温度。

3.7 系统运行控制要求

3.7.1 烟风系统的风机应先启动高压流化风机和引风机，再顺次启动二次风机、一次风机。

3.7.2 烟风系统的风机停运顺序应与本标准第 3.7.1 条规定的启动顺序相反。锅炉停运后，二次风机、引风机应继续运行一定时间对炉膛进行吹扫冷却，高压流化风机应继续运行将回料器冷却到设定温度。

3.7.3 流化风机出口电动门在对应风机运行过程中应锁定在开启位置。

4 燃料制备系统

4.1 筛、碎设备

4.1.1 筛、碎设备的设计应尽量使燃煤经过筛、碎设备的最终出料粒度符合锅炉对燃煤粒度级配要求。

4.1.2 筛、碎设备应采用分段破碎设计,并应符合下列规定:

1 当进入发电厂的燃煤粒度大于 300mm 时,应在运煤系统的前端设置初级筛、碎设备。初级筛、碎设备的出料粒度不宜大于 200mm;

2 当进厂燃煤粒度大于 100mm 小于或等于 300mm 时,应采用粗、细两级筛、碎设备进行筛碎。粗筛、碎设备的出料粒度不宜大于 30mm;

3 当进厂燃煤粒度大于 50mm 小于或等于 100mm、系统出力大于 400t/h 时,应采用粗、细两级筛、碎设备进行筛碎,粗筛、碎设备的出料粒度不宜大于 30mm;当进厂燃煤粒度大于 50mm 小于或等于 100mm、系统出力不大于 400t/h 时,可只设置细筛、碎设备;

4 当进厂燃煤粒度小于等于 50mm 时,可只设置细筛、碎设备;

5 粗、细破碎设备前均宜设置筛煤机。

4.1.3 粗筛、碎设备的设计应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 和现行行业标准《火力发电厂运煤设计技术规程 第 1 部分:运煤系统》DL/T 5187.1 的相关要求。

4.1.4 细筛、碎设备设计应符合下列规定:

1 当细筛、碎设备出力能满足上煤系统出力时,上煤系统的每路带式输送机应对应设置 1 套细筛、碎设备。细筛煤机的额定

出力宜与上煤系统额定出力一致,细碎煤机额定出力宜为上煤系统额定出力的 70%~100%;

2 当单套细筛、碎设备出力不能满足上煤系统出力时,上煤系统的每路带式输送机应并列设置多套细筛、碎设备。细筛、碎设备的设置数量应根据上煤系统的出力和每台细筛、碎设备的出力确定,细筛煤机设备的总出力不应小于上煤系统额定出力,细碎煤机设备的总出力宜为上煤系统额定出力的 70%~100%;

3 当设置多套细筛、碎设备对应 1 路上煤系统带式输送机时,应有保证每套细筛、碎设备均匀、稳定受料的分煤设施或设备;

4 细碎煤机前宜设置布料器,以保证细碎煤机沿转子长度的破碎段均匀受料。布料器的布置高度应满足细碎煤机入口物料的初速度要求。

4.1.5 根据锅炉对入炉粒度的要求,可在细筛、碎设备之后增设超限物料筛分设备。分选筛煤机设计应符合下列规定:

1 分选筛煤机的额定出力应与上级系统或设备的额定出力一致。当细筛煤机和细碎煤机之后的物料全部进入分选筛煤机时,分选筛煤机的额定出力应与对应的系统额定出力一致;当仅细碎煤机之后的物料进入分选筛煤机时,分选筛煤机的额定出力应与细碎煤机的额定出力一致;

2 分选筛煤机的筛面面积不宜大于细筛煤机,筛孔尺寸不宜小于细筛煤机筛孔尺寸的 2 倍;

3 分选筛煤机的筛上物宜送出系统之外,经人工甄别后,大块煤送入煤场,其他杂物抛弃;

4 分选筛煤机宜布置在细碎机室后到主厂房之间的转运站内,也可直接布置在细碎机室内;

5 分选筛煤机不应设置旁路。

4.1.6 混煤设施宜布置于细筛、碎设施之前。

4.1.7 当采用运煤带式输送机为床料仓装料时,装料设施应布置在所有碎煤机室之后。

4.1.8 筛、碎设备的控制应符合现行行业标准《火力发电厂运煤设计技术规程 第3部分：运煤自动化》DL/T 5187.3 的相关要求。

4.1.9 筛、碎设备的选型应根据电厂燃用的燃料特性、锅炉对燃料的粒度级配要求、设备检修维护条件等情况确定，并应符合下列规定：

- 1 粗筛煤机可选用滚轴筛、梳式摆动筛、高幅振动筛；
- 2 粗碎煤机宜选用环(锤)式碎煤机；
- 3 细筛煤机可选用高幅振动筛、高幅概率组合筛、双转式滚筒筛、交叉筛、弛张筛；
- 4 细碎煤机宜选用可逆锤击式碎煤机；
- 5 分选筛煤机宜选用高幅振动筛。

4.1.10 当电厂燃用褐煤、油页岩等物料时，应选用具有防止不符合粒度要求的片状物料进入下级系统的细筛煤机。

4.1.11 细筛煤机宜设置旁路。

4.1.12 细碎煤机不宜设置固定的底算。

4.2 碎煤机室布置

4.2.1 细碎煤机室应布置在煤场至主厂房的上煤系统中。

4.2.2 当系统出力小于或等于 400t/h 时，粗、细碎煤机室可合并设置，也可分别设置；当系统出力大于 400t/h 时，粗、细碎煤机室宜分别设置。

4.2.3 进料带式输送机或给煤设备的煤流中心应与筛煤机和碎煤机的设备中心对齐，并应顺煤流方向布置。当来煤不能正对筛、碎设备中心时，可在入口落煤管内加装导煤调节挡板。

4.2.4 出力较大的环锤式碎煤机、可逆锤击式碎煤机下方应设减振措施。

4.2.5 碎煤机进料口落煤管和碎煤机入料口之间应设计软连接。

4.2.6 碎煤机四周应留有用于抽轴和开启检查门的净空。

4.2.7 筛煤机及碎煤机前后的落煤管和钢煤斗应采取防止煤粉泄露的密封措施。

4.2.8 碎煤机出口处应设置除尘装置。

4.2.9 碎煤机室起吊设备的起重量不应小于设备的最大分离件的重量。吊物孔和起吊工字钢的设计应保证筛煤机和碎煤机最大分离件的起吊。

4.3 煤 泥 系 统

4.3.1 当采用煤泥与其他燃料混合后以固体形态进入锅炉燃烧的方式时,煤泥宜经干燥后再进入火力发电厂。干燥后的煤泥应根据黏、堵特性单独设置煤泥系统或使用常规运煤系统进行接卸、储存和运输。

4.3.2 当采用煤泥单独以膏状形态进入锅炉燃烧的方式时,厂内煤泥接卸系统应符合下列规定:

1 煤泥采用汽车运输进厂时,应直接卸至厂内煤泥棚;

2 当在洗煤厂设置有煤泥堆场时,煤泥宜通过厂外带式输送机直接送至煤泥泵房内膏体制备机或分配刮板机再转送至煤泥仓,通过煤泥管道送至炉膛,厂内可不设煤泥棚;

3 煤泥采用带式输送机运输进厂时,宜在厂外设立脱水、浓缩和压滤设施,处理后运输进入厂内。带式输送机的设置应符合下列规定:

1) 厂内和厂外带式输送机系统的出力应一致,且单路设置;

2) 带式输送机系统应简捷,减少转运环节;

3) 煤泥转运点应减小落差;

4) 落煤管的倾角不应小于 65° ,布置时应减少弯头和弯管的使用;

5) 落煤管管径宜放大一级选用;

6) 当煤泥外在水分大于 30% 时,带式输送机的最大倾角应在获得输送物料特性试验数据后确定。带式输送机尾部

宜增设收水装置,头部滚筒处宜增设输送带水清洗器。

4.3.3 当厂内设置缓冲和储存煤泥的煤泥棚时,其设计应符合以下规定:

- 1 煤泥棚与煤泥泵房宜合并布置;
- 2 煤泥棚宜采用半地下布置形式。有推煤机辅助作业的煤泥池应设置推煤机进入煤泥池的坡道;
- 3 煤泥池容量不应小于对应机组 3d 的煤泥耗量;
- 4 煤泥棚宜采用桥式抓斗起重机作为堆取作业机械,并应设置推煤机作为辅助作业设备。

4.3.4 煤泥棚内的桥式抓斗起重机应符合以下规定:

- 1 跨度应根据贮量大小、设备能力以及煤棚造价等因素确定;
- 2 工作级别宜按重级 A6~A8 考虑;
- 3 主滑线宜设在与司机室相对的一侧,司机室宜为端面入口;当主滑线只能布置在司机室一侧时,司机室应选侧面入口。司机室的门应有安全连锁,并设安全挡板。

5 锅炉燃料供给系统

5.1 给煤系统

5.1.1 锅炉原煤仓的总有效储煤量宜满足锅炉最大连续蒸发量燃用设计煤种 6h 以上的耗煤量。

5.1.2 原煤仓的设计应符合下列规定：

1 原煤仓宜采用钢结构；

2 当原煤仓为圆筒仓时，原煤仓出口段截面收缩率不应小于 0.7，300MW 以下锅炉原煤仓出口直径不宜小于 600mm，300MW 及以上锅炉原煤仓出口直径不宜小于 800mm，出口段壁面与水平面的夹角不应小于 70° ；

3 当原煤仓为矩形仓，相邻两壁的交线与水平面的夹角不应小于 70° ，相邻壁交角的内侧应做成圆弧形，圆弧半径不应小于 200mm；

4 原煤仓内壁应光滑耐磨，原煤仓的出口段宜采用不锈钢复合钢板、内衬不锈钢板或其他光滑阻燃型耐磨材料，原煤仓宜设防堵装置；

5 原煤仓应设置料位测量装置。

5.1.3 原煤仓的防火、防爆设计应符合国家现行标准《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229 和《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203 的有关规定。

5.1.4 给煤线路数量、容量及给煤级数应根据锅炉型式、锅炉给煤口的数量和煤仓布置等因素确定，并应符合下列规定：

1 对于裤衩腿双布风板型式的循环流化床锅炉，单侧的给煤线路不应低于 2 条。当单侧给煤线路数量为 4 条及以下时，单侧给煤系统的设计出力宜为 1 条给煤线路设备故障时其余给煤线路

设备满足锅炉最大连续蒸发量所需设计煤种 50%耗煤量的要求；当单侧给煤线路数量为 4 条以上时，单侧给煤系统的设计出力宜为 2 条给煤线路设备故障时其余给煤线路设备能满足锅炉最大连续蒸发量所需设计煤种 50%耗煤量的要求；

2 对于单布风板型式的循环流化床锅炉，给煤线路为 4 条及以下时，其给煤系统的设计出力宜为 1 条给煤线路设备故障时其余给煤线路设备能满足锅炉最大连续蒸发量所需设计煤种耗煤量的要求；当给煤线路为 4 条以上时，其给煤系统的设计出力宜为 2 条给煤线路设备故障时其余给煤线路设备能满足锅炉最大连续蒸发量所需设计煤种耗煤量的要求；

3 给煤线路可采用单级或多级，多级给煤系统的各级给煤设备出力应匹配。

5.1.5 给煤设备型式应符合下列规定：

1 单级给煤系统的给煤设备宜选用称重式皮带给煤机；

2 多级给煤系统的第一级给煤设备宜选用称重式皮带给煤机，后续各级给煤设备宜选用刮板给煤机；

3 给煤设备的耐压能力不应低于锅炉炉膛不变形承载能力。

5.1.6 给煤系统密封风应符合下列规定：

1 给煤设备应设置密封风，密封风宜采用冷一次风。当冷二次风压力满足要求时，密封风也可采用冷二次风；

2 锅炉给煤口应设置密封风，密封风宜采用热一次风。

5.1.7 给煤设备至锅炉给煤口的落煤管道上应设置气动快关门。

5.1.8 给煤设备的布置应符合下列规定：

1 给煤机层的标高应根据锅炉给煤口标高、播煤装置、所需给煤线路级数、给煤距离、给煤机出口阀门和膨胀节布置等因素确定；

2 给煤设备与锅炉给煤口的对应关系应保证给煤线路在正常运行或故障情况下锅炉对给煤均匀性及给煤量等的要求；

3 当单台给煤设备对应 2 个及以上锅炉给煤口时，应采取各

给煤口均匀给煤的措施；

4 最后一级给煤机与锅炉给煤口之间应留有一定的煤柱高度作为密封段,该高度宜为 2m~3m；

5 落煤管宜垂直布置,当倾斜布置时,管道与水平面的夹角不宜小于 70°。

5.1.9 给煤系统的控制应符合下列要求：

1 锅炉启动时,当床温达到设定值时才可启动给煤机投入燃煤；

2 给煤系统启动时,给煤系统的密封风应先投运,再开启至锅炉给煤口的落煤管上的气动快关门,再依次启动末级给煤机至第 1 级给煤机,给煤量投入自动调节；

3 锅炉正常停炉时,将称重式给煤机转速置为最小值,从第 1 级给煤机至末级给煤机依次停运,至锅炉给煤口的落煤管上的气动快关门关闭；

4 锅炉紧急停炉或给煤系统故障时,锅炉落煤口气动快关门关闭,从第 1 级给煤机至末级给煤机依次停运；

5 末级给煤机出口应设置温度测点。

5.2 煤泥管道输送系统

5.2.1 煤泥管道输送系统的设计应符合下列规定：

1 煤泥管道输送系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂除灰设计技术规程》DL/T 5142 的有关规定；

2 煤泥管道输送系统的设计应有条件相近工程的成熟运行经验,未取得成熟运行经验时,应进行煤泥物料基本特性、输送和储存特性试验研究和技术论证；

3 煤泥管道输送距离不大于 800m 时,宜采用一级煤泥泵高浓度直接输送至炉膛；煤泥管道输送距离为 800m~1600m 时,宜采用二级煤泥泵高浓度输送至炉膛；煤泥管道输送距离大于 1600m 时,宜采用离心泵低浓度输送至厂内,在厂内经压滤脱水

后采用一级煤泥泵高浓度输送至炉膛；

4 煤泥管道输送系统的设计应为锅炉后续可大比例掺烧煤泥创造条件；

5 煤泥管道入炉宜采用锅炉炉膛中下部入炉方式；

6 同一煤泥仓的煤泥泵宜输送至同一锅炉，也可分别输送至不同锅炉。

5.2.2 输送至炉膛的煤泥管道输送系统的设计出力可按下列公式计算：

$$G = mk \frac{n}{n - n_1} G_m \quad (5.2.2-1)$$

$$G_1 = \frac{G}{mn} \quad (5.2.2-2)$$

式中： G ——煤泥输送系统设计出力(t/h)，设计燃料和校核燃料计算较大值；

m ——锅炉台数；

n ——单台炉煤泥输送线总数， $n \geq 2$ ；

n_1 ——故障线数，当 $n < 7$ ，宜取值 1；当 $n > 7$ ，宜取值为 2；

G_m ——每炉煤泥量(t/h)，按锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料和校核燃料分别取值；

k ——设计裕度系数，设计燃料取值宜为 1.05~1.20，校核燃料取值 1.05~1.10；

G_1 ——单条输送线的设计出力(t/h)。

5.2.3 煤泥泵房的设计应符合下列规定：

1 煤泥泵房应采用独立建构筑物，宜全厂集中设置；

2 当汽车输送煤泥入厂时，煤泥泵房应靠近煤泥棚布置，布置型式宜采用半地下布置；

3 当带式输送机或管道输送煤泥入厂时，煤泥泵房宜靠近锅炉房布置，布置型式宜采用地上布置；

4 煤泥泵房通道宽度应根据设备操作、拆装、检修维护和运

输条件等确定,煤泥输送泵机组间通道的净距不宜小于表 5.2.3 中的规定:

表 5.2.3 煤泥输送泵机组间通道的净距(m)

煤泥输送泵容量 Q (m^3/h)	$Q < 30$	$30 \leq Q < 60$	$Q \geq 60$
泵组之间、泵组与辅助设备之间	1.0	1.5	2.0
设备与墙柱之间	0.8	1.2	1.5

5 煤泥泵房内应设检修起吊设施。

5.2.4 煤泥仓的设计应符合下列规定:

1 煤泥仓宜采用钢仓,筒体底部为平底,煤泥仓底部应设置滑架或转鼓式卸料器加卸料螺旋;

2 煤泥仓的总有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 4h~8h 的耗煤泥量;

3 煤泥仓前宜设置除杂物及预搅拌制膏装置,预搅拌制膏的煤泥水分范围宜为 28%~33%。

5.2.5 煤泥输送泵的设计应符合下列规定:

1 当煤泥输送泵用于输送煤泥至炉膛时,单台煤泥输送泵的流量不宜大于 $30\text{m}^3/\text{h}$;当煤泥输送泵用于输送煤泥至中转煤泥仓时,单台煤泥输送泵的流量不宜大于 $60\text{m}^3/\text{h}$;

2 煤泥泵的出口压力应满足煤泥满管启动的要求;

3 煤泥泵前应设置预压喂料泵,煤泥泵出口宜采用 S 摆管阀;

4 煤泥泵出口管道宜设置再循环管,再循环管可接至本煤泥泵对应的煤泥仓或其他煤泥仓;

5 管路输送距离大于 500m 时,煤泥泵出口应设置止回阀或其他防止煤泥回流的装置。

5.2.6 煤泥管道的设计应符合下列规定:

1 煤泥管道输送流速宜为 $0.1\text{m/s} \sim 0.5\text{m/s}$;

2 当采用喷枪入炉燃烧方式时,应设置煤泥加热空气喷吹系统,喷枪入炉处应设置密封风;当采用炉顶入炉燃烧方式时,炉顶

进料器应有冷却措施；

3 煤泥管道宜设置清洗设施，清出的煤泥浆宜排至煤泥仓或沉煤池。

5.2.7 煤泥管道输送系统运行控制应符合下列要求：

1 煤泥输送系统应连续可调；

2 一台炉的所有煤泥输送线应自动连锁控制，当 1 条或 2 条煤泥输送线故障停运时，其余煤泥输送线的煤泥泵宜平均调整增大出力。

6 石灰石粉制备及输送系统

6.1 石灰石接卸储存和输送

6.1.1 石灰石的接卸方案应根据石灰石的运距、运量和厂外运输方式综合确定。石灰石的接卸与储存设施宜进行合并布置,并应符合下列规定:

1 当石灰石采用铁路运输进厂时,可利用电厂卸煤设施卸车,或在石灰石棚内设置栈台——地槽进行接卸;

2 当石灰石采用公路运输进厂时,年石灰石耗量小于或等于 $30 \times 10^4 \text{ t}$ 的发电厂可在石灰石堆场内设置 1 个或几个区域作为受卸场地,利用桥式抓斗起重机、装载机、推煤机等机械清理货位;年石灰石耗量大于 $30 \times 10^4 \text{ t}$ 的发电厂可采用多个地下料斗串联布置作为石灰石接卸设施;

3 当石灰石采用水路运输进厂时,可利用卸煤码头卸船机接卸,并经带式输送机运输到厂内石灰石棚。

6.1.2 石灰石不宜露天存放,宜采用桥式抓斗起重机石灰石棚方案。石灰石堆场的容量不应小于对应机组 7d 的石灰石耗量。

6.1.3 桥式抓斗起重机石灰石棚的设计应符合下列规定:

1 石灰石棚的堆料高度不应大于 7m;当采用推煤机辅助作业时,石灰石棚柱距不应小于 7m;

2 石灰石棚内受料斗应处于抓斗行程范围内;

3 受料斗上口尺寸应与抓斗张开后的尺寸相适应,并应装设算子;

4 料场和卸车线的布置应满足抓斗最大运行高度低于极限高度 0.30m~0.50m,抓斗下限与料斗面、料堆顶面的距离不应小于 0.50m;起重量 5t 的桥式抓斗起重机的轨面应高于石灰石棚内铁

路轨道 8m、高于料堆顶面 5m 和高于石灰石棚地面 12m~15m;

5 当同一轨道上装设 2 台以上桥式抓斗起重机时,每台桥式抓斗起重机沿大车走行方向的平均作业长度不宜小于 40m,每台抓煤机应能单独切断电源;

6 半封闭结构的石灰石棚应采取防止雨水由侧面进入煤棚的措施,石灰石棚屋架下弦与桥式抓斗起重机顶部之间的净空宜为 0.30m,大车端面与柱子内边净空不得小于 0.10m;

7 大车两侧应设置宽度不小于 600mm 的步道。步道外侧应设置栏杆和护脚板;

8 石灰石棚两端应在中部设置供运行人员从地面进入司机室的扶梯和平台,司机室的设置应避免司机从大车轨道及桥架平台绕行进入;

9 桥式抓斗起重机的动力电源开关应设在司机上下桥式抓斗起重机的附近;

10 大车轨道两端应设置限位开关和止挡器,止挡器的位置应保证限位开关动作后大车有不小于 2m 的滑行距离。

6.1.4 石灰石输送系统的总设计出力不应小于对应机组最大连续蒸发量时石灰石最大耗量的 200%。

6.1.5 石灰石棚和石灰石粉制备站宜集中布置。

6.1.6 当石灰石棚和石灰石粉制备站集中布置时,石灰石输送系统的设置路数,应与石灰石粉制备系统设备台套数相对应。

6.2 石灰石粉制备系统

6.2.1 石灰石粉制备系统的设计应满足锅炉对石灰石粉粒径的要求。

6.2.2 石灰石粉制备系统宜全厂统一规划、集中设计。

6.2.3 石灰石粉制备系统的设计应符合下列规定:

1 当石灰石粒度不大于 30mm 时,石灰石粉制备系统宜设计为磨制(破碎)系统加气力分选系统的一级制备系统;

2 当石灰石粒度大于 30mm 时,石灰石粉制备系统宜设计为二级制备系统,第一级制备系统宜为破碎系统,第二级制备系统宜与一级制备系统相同;

3 石灰石粉二级制备系统中第一级制备系统的设计出力应与前级石灰石输送系统设计出力一致;

4 送入石灰石制备系统的石灰石水分不宜大于 3%;

5 当机组同时采用炉内脱硫和炉外烟气湿法脱硫时,石灰石粉制备宜采用一体化系统,同时提供炉内和炉外脱硫所需的石灰石粉。

6.2.4 石灰石粉一级制备系统的设计出力宜按下列公式计算:

$$G = mkG_s \quad (6.2.4-1)$$

$$G_1 = \frac{G}{n - n_1} \quad (6.2.4-2)$$

式中: G ——制备系统设计出力(t/h);

m ——锅炉台数;

k ——设计裕度系数,取值宜为 1.05~1.20;

n ——系统总套数, $n \geq 2$;

n_1 ——系统备用套数,当 $n < 7$,取值宜为 1;当 $n > 7$,取值宜为 2;

G_s ——锅炉最大连续蒸发量工况下每炉最大石灰石粉耗量(t/h);

G_1 ——单套系统的设计出力(t/h),不宜大于 50t/h。

6.2.5 磨制(破碎)系统的设计应符合下列规定:

1 系统中各输送设备的设计出力应根据磨制(破碎)系统出力、磨制(破碎)设备破碎比和气力分选系统出力确定;

2 第一级破碎设备宜选用环锤式破碎机,第二级破碎设备宜选用锤击式破碎机,磨制设备宜选用柱磨机;

3 在磨制(破碎)设备入口前,应设置除铁器。

6.2.6 气力分选系统的设计应符合下列规定:

1 气力分选系统应采用闭式系统;

2 气力分选系统宜选用瀑流式气力分选系统,系统压损和风量可按下列公式计算:

$$\Delta p = \frac{\lambda_1 v^2 \rho l}{2D_1} + \frac{2\lambda_2 v^2 \rho}{2g} + \frac{\lambda_3 v^2 \rho}{2D_2} + \frac{\lambda_4 v^2 \rho}{2} \times \frac{\alpha}{90} \quad (6.2.6-1)$$

$$\lambda_2 = \frac{16ab}{d_e^2} \quad (6.2.6-2)$$

$$q = \frac{1000}{60\rho\mu} G_1 \quad (6.2.6-3)$$

式中: Δp ——系统总压损(Pa);

λ_1 ——瀑流分级机阻力系数,取 2.9;

λ_2 ——旋风分离器阻力系数;

λ_3 ——输送管路直管阻力系数,取 0.1;

λ_4 ——输送管路弯头阻力系数 取 0.5;

v ——空气流速(m/s);

ρ ——空气密度(kg/m³);

l ——瀑流分级机的行程长度(m);

D_1 ——瀑流分级机空气流道当量直径(m);

D_2 ——旋风分离器空气流道当量直径(m);

g ——重力加速度(m/s²);

a ——旋风分离器入口截面长度(m);

b ——旋风分离器入口截面宽度(m);

d_e ——旋风分离器入口上出风口直径(m);

α ——弯头角度(°);

q ——空气流量 (m³/min);

G_1 ——单套制备系统的设计出力(t/h);

μ ——料气比(kg/kg),取值 1~2。

3 瀑流式分选机的分选效率不宜小于 85%;

4 瀑流式分选机、旋风除尘器及离心风机的通流部件应采用耐磨材质。

6.2.7 石灰石粉制备站的设计应符合下列规定：

1 制备站应全厂集中设置，制备站应采用独立建(构)筑物，宜靠近锅炉房布置；

2 制备站应设置负压吸尘系统，将磨制(破碎)设备、分选系统、粉仓以及部分输送设备溢出的粉尘收集至石灰石粉仓；

3 制备站内各套制备系统的设备宜采用并行布置，每套系统设备宜采用分层布置的紧凑型布置方式；

4 制备站内通道宽度应根据设备操作、拆装、检修维护和运输条件等确定，设备机组间通道的净距不宜小于表 6.2.7 中的规定；

表 6.2.7 设备机组间通道的净距(m)

制备系统出力 $Q(t/h)$	$Q \leq 15$	$15 < Q \leq 30$	$30 < Q \leq 50$	$Q \geq 50$
机组之间、机组与辅助设备之间	1.0	1.2	1.2	1.5
设备与墙柱之间	0.8	1.0	1.0	1.2

5 柱磨机、分选风机、吸尘风机应采取减振措施，并应在进出口风管上设置耐磨伸缩节；

6 制备站内应设检修起吊设施。

6.2.8 石灰石料仓的设计应符合下列规定：

1 当石灰石棚、卸料和转运设备采用三班制运行时，石灰石料仓的有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 8h~10h 的石灰石耗量；

2 当石灰石棚、卸料和转运设备采用二班制运行时，石灰石料仓的有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 12h~14h 的石灰石耗量；

3 石灰石料仓宜采用钢结构仓，直筒部分宜为圆柱体，锥体部分宜为圆锥体；

4 石灰石料仓锥体宜设置助流装置，可采用气化、振打装置

或空气炮；

5 当石灰石料仓布置在制备站内时，石灰石料仓的排气应与制备站排气系统合并设置；当石灰石料仓布置在制备站外时，石灰石料仓可单独设计布袋除尘器排气。

6.2.9 石灰石粉制备系统运行控制应符合下列规定：

1 一级制备系统启动顺序应先启动负压吸尘系统、气力分选系统，再顺序启动刮板输送机、斗式提升机等输送设备，最后再启动磨制（破碎）设备、称重皮带机等，停运顺序与启动顺序相反，该系统运行方式宜为连续运行；

2 二级制备系统中第一级制备系统启动顺序应先启动第一级破碎机，再顺序启动斗式提升机、皮带输送机和石灰石棚卸料设备，停运顺序与启动顺序相反，该系统运行方式宜为定期运行；

3 石灰石料仓高低料位与第一级制备系统运行连锁，石灰石粉仓高低料位与第二级制备系统运行连锁。

6.3 石灰石粉输送

6.3.1 石灰石粉输送系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂除灰设计技术规程》DL/T 5142 的有关规定。

6.3.2 石灰石粉气力输送系统的设计应充分考虑石灰石料性和系统成熟设计运行经验，未取得成熟经验时，应进行相关试验研究和技术论证。

6.3.3 石灰石粉输送系统宜采用正压气力输送系统，根据输送距离，可选择低压、一级或二级正压气力输送方式，具体设计宜符合下列规定：

- 1 当输送距离不大于 100m 时，可采用低压气力输送系统；
- 2 当输送距离不大于 350m 时，宜采用一级正压气力输送系统；
- 3 当输送距离大于 350m 时，可采用二级正压气力输送系统。

6.3.4 石灰石粉一级正压气力输送系统的设计应符合下列规定：

- 1 系统宜按每炉单元制设计；
- 2 系统的设计出力宜按下列公式计算：

$$G = 1.2G_s \quad (6.3.4-1)$$

$$G_1 = \frac{G}{n - n_1} \quad (6.3.4-2)$$

式中： G ——系统设计出力(t/h)；

n ——系统总套数， $n \geq 2$ ；

n_1 ——系统备用套数，当 $n < 4$ ，宜取值 1；当 $n > 4$ ，宜取值 2；

G_s ——锅炉最大连续蒸发量工况下每炉最大石灰石粉耗量(t/h)；

G_1 ——单套系统出力(t/h)，不宜大于 50t/h。

6.3.5 石灰石粉二级正压气力输送系统的设计应符合下列规定：

1 二级输送系统中第一级正压气力输送系统宜全厂集中设计，设计出力宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下最大石灰石粉耗量的 150%；单条输送线出力不宜大于 50t/h，输送线备用数量不宜少于 1 条；

2 石灰石粉二级正压气力输送系统中第二级系统设计宜同一级正压气力输送系统设计。

6.3.6 石灰石粉气力输送设备的设计应符合下列规定：

1 当采用空压机作为输送气源设备时，石灰石粉输送器应设气动平衡阀、气动排气阀；气源系统宜与全厂集中空压机站合并设计；

2 当采用罗茨风机作为输送气源设备时，输送距离不宜大于 100m，单套系统出力不宜大于 25t/h；石灰石粉仓或中转仓与石灰石粉喷射器之间应设手动隔离阀及调速电动给料装置；

3 石灰石粉连续输送时，系统中宜设置计量装置；

4 石灰石粉输送管道宜设有自动防堵和排堵措施；

5 石灰石粉输送管道根据输送功能宜设置分配器和管路切

换阀。

6.3.7 石灰石粉仓的设计应符合下列规定：

1 当石灰石成品粉外购时，石灰石粉仓的设计应符合下列规定：

- 1) 石灰石粉仓的总有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 20h~24h 的石灰石粉耗量，单台石灰石粉仓的有效容积不宜大于 1000m³；
- 2) 石灰石粉仓宜靠近锅炉房布置，石灰石粉仓设计高度不宜高于 20m，粉仓旁应设计汽车中转场地；
- 3) 石灰石粉仓进料管道的数量和管径应与密封罐车卸料出力匹配，管道接口处应设置快速接头和快速开关阀。

2 当石灰石粉厂内制备时，石灰石粉仓的设计应符合下列规定：

- 1) 石灰石粉仓的有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 8h~12h 的石灰石粉耗量；
- 2) 石灰石粉仓宜与石灰石粉制备站集中布置。

3 当石灰石粉采用二级气力输送系统时，第二级石灰石粉中转仓的有效容积宜满足锅炉最大连续蒸发量燃用设计燃料时 8h~10h 的石灰石粉耗量；

4 石灰石粉仓可采用室内、室外布置，室外布置的石灰石粉仓顶层应设置防雨(雪)篷，寒冷区域室外布置的石灰石粉仓运转层及以下部分应封闭采暖，严寒区域室外布置的石灰石粉仓应全封闭采暖；

5 石灰石粉仓和中转仓宜选择钢结构仓，直筒部分宜为圆柱体，锥体部分宜为圆锥体；

6 石灰石粉仓和中转仓仓底宜设置助流装置，可采用气化风系统、空气炮；

7 石灰石粉仓和中转仓应设置排气过滤器，粉尘排放应满足环保排放要求。

6.3.8 石灰石粉正压气力输送管道的设计应符合下列规定：

1 锅炉炉膛接口与石灰石粉输送管道之间应设置手动关断阀、气动或电动关断阀和耐温耐磨膨胀节，炉膛接口处宜设置密封风；

2 从分配器至炉膛接口的各条石灰石粉气力输送支管的输送压损允许偏差应为 $\pm 2.5\%$ ；

3 石灰石粉输送管道宜全程采用耐磨材质。

6.3.9 石灰石粉正压气力输送系统运行控制应符合下列规定：

1 石灰石粉一级正压气力输送系统、低压气力输送系统应采用连续运行方式，系统出力应根据二氧化硫排放浓度实现无级调节；

2 石灰石粉二级正压气力输送系统中的第一级系统宜采用间断运行方式；

3 系统中任一输送线故障停运时，备用输送线应能自动投入；

4 石灰石粉气力输送系统的防堵信号应与系统运行控制连锁；

5 石灰石粉仓和中转仓的排气过滤器、高低料位与系统运行控制连锁。

7 床料系统

7.1 启动添加床料系统

7.1.1 启动添加床料系统应符合下列规定：

- 1 启动添加床料系统宜选择机械输送方式；
- 2 每台锅炉宜设置 1 套启动添加床料系统，不应设备用；
- 3 启动添加床料系统的出力可按满足 8h 内添加完启动床料量确定。

7.1.2 床料仓的设计应符合下列规定：

- 1 床料仓每炉宜设置 1 台，不应设备用；
- 2 床料仓的有效储料量不应大于锅炉启动床料量；
- 3 床料仓宜采用圆筒型钢仓；床料仓出口段截面收缩率不应小于 0.7，出口段壁面与水平面的夹角不应小于 60° ；
- 4 床料仓宜布置在煤仓间。

7.1.3 床料仓出口的输料机宜选用计量式给料机。

7.1.4 当利用给煤机输送床料至锅炉时，给料机至给煤机的落料管上应设置关断门。

7.2 在线添加床料系统

7.2.1 在线添加床料系统应根据燃料特性、锅炉运行要求等确定。

7.2.2 气力添加床料系统的设计应符合下列规定：

- 1 气力添加床料系统宜采用单元制；
- 2 气力添加床料系统应根据床料添加量、床料添加口数量和单套出力等确定；
- 3 气力添加床料系统可采用间断或连续输送系统。

7.2.3 气力添加床料系统设计出力宜按下列公式计算：

$$G = kG_c \quad (7.2.3-1)$$

$$G_1 = \frac{G}{n - n_1} \quad (7.2.3-2)$$

式中： G ——气力床料添加系统设计出力(t/h)；

k ——裕度系数，间断输送时取 1.5，连续输送时取 1.2；

n ——系统总套数，不宜小于 2；

n_1 ——系统备用套数，宜取值 1；

G_c ——锅炉最大连续蒸发量工况下最大添加床料量(t/h)；

G_1 ——单套系统出力(t/h)，不宜大于 40t/h。

7.2.4 床料仓的设计应符合下列规定：

1 床料仓每炉宜设 1 座，床料仓的有效容积不宜小于锅炉最大连续蒸发量工况下燃用设计燃料时 24h 的添加床料量；

2 床料仓宜靠近锅炉房布置；

3 床料仓底部宜设置空气炮或振打等助流装置；

4 床料仓顶部应设置排气过滤器，粉尘排放应满足环保排放要求。

7.2.5 床料仓的进料系统应符合下列要求：

1 床料仓的进料系统及设计出力应根据床料量、交通运输条件、床料仓布置等条件确定，可选择气力或机械输送方式；

2 床料仓的进料系统不宜设备用。

7.2.6 气力添加床料管道设计应符合下列规定：

1 锅炉炉膛接口与床料气力输送管道之间应设置手动关断阀和气动或电动关断阀，以及耐温耐磨膨胀节；炉膛接口处宜设置密封风；

2 从分配器至炉膛接口的各条气力输送床料支管的输送压损允许偏差应为 $\pm 2.5\%$ ；

3 气力输送床料管道宜全程采用耐磨材质。

7.2.7 气力添加床料系统运行控制应符合下列规定：

- 1 在线添加床料系统的启、停和出力调节应根据锅炉床压控制；
- 2 气力输送系统的防堵、排堵等信号应与系统运行控制连锁；
- 3 系统中任一输送线故障停运时，备用输送线应能自动投入。

8 底渣系统

8.1 底渣冷却

8.1.1 锅炉冷渣器宜选用滚筒式冷渣器,在煤质稳定且入炉煤的粒度能够控制的情况下,也可采用风水联合冷渣器。

8.1.2 冷渣器的台数和出力应根据锅炉排渣量、锅炉排渣口的数量及位置、底渣输送系统配置、锅炉房布置等因素确定,并应符合下列规定:

1 对于裤衩腿双布风板型式循环流化床锅炉机组,每个布风板对应的冷渣器的数量不得少于 2 台。当单个布风板对应的冷渣器数量为 4 台及以下时,任意 1 台冷渣设备故障时同侧其余冷渣器的总出力不应小于锅炉最大连续蒸发量时排渣量的 50%;当单个布风板对应的冷渣器总数量为 4 台以上时,任意 2 台冷渣器故障时同侧其余冷渣器的总出力不应小于锅炉最大连续蒸发量时排渣量的 50%;

2 对于单布风板型式的循环流化床锅炉机组,单台锅炉冷渣器的总数量不得少于 2 台。当冷渣器总数量为 4 台及以下时,任意 1 台冷渣器故障时其余冷渣器的总出力不应小于锅炉最大连续蒸发量时排渣量的 100%;当冷渣器总数量为 4 台以上时,任意 2 台冷渣器故障时其余冷渣器的总出力不应小于锅炉最大连续蒸发量时排渣量的 100%;

3 冷渣器出口排渣温度不宜大于 150℃。

8.1.3 冷渣器的布置应符合下列规定:

1 冷渣器宜布置在 0m 以上;

2 冷渣器进渣管宜垂直布置;当布置条件受限时,进渣管与水平面的夹角不宜小于 70°;

- 3 冷渣器周边应设置检修维护平台。
- 8.1.4 冷渣器的冷却水应符合下列规定：
- 1 冷却水宜采用除盐水；
 - 2 进水压力不宜低于 0.3MPa(g)；
 - 3 冷却水的热量宜采取措施回收。
- 8.1.5 底渣冷却系统的控制应符合下列规定：
- 1 锅炉正常运行时，冷渣器的出力应根据床压自动调节；冷渣器冷却水量宜根据冷渣器出口渣温自动调节；
 - 2 冷渣器投运时，应先投运底渣输送系统和冷渣器冷却水系统；
 - 3 冷渣器解列时，冷却水系统应在渣器出口水温低于设备要求后停运。

8.2 底渣输送和储存

- 8.2.1 底渣输送和储存系统的设计应符合下列规定：
- 1 底渣输送和储存系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂除灰设计技术规程》DL/T 5142 的有关规定；
 - 2 底渣输送系统宜采用单元制设计；
 - 3 底渣输送系统宜采用刮板输送机或链斗输送机加斗式提升机的机械输送系统；
 - 4 底渣储存系统宜采用钢制底渣仓加卸料设备的系统。
- 8.2.2 底渣输送系统输送线的条数应根据冷渣器的数量、布置形式以及渣仓布置位置确定。底渣输送系统的设计出力宜按下列公式计算：

$$G = k \frac{n}{n - n_1} G_z \quad (8.2.2-1)$$

$$G_1 = \frac{G}{n} \quad (8.2.2-2)$$

式中：G——每台炉底渣输送系统设计出力(t/h)，取设计燃料和

校核燃料计算较大值;

n ——底渣输送线总条数数, $n \geq 2$;

n_1 ——故障线数, 当 $n < 6$, 取值 1; 当 $n > 6$, 取值为 2;

G_z ——每炉渣量(t/h), 按设计燃料和校核燃料分别取值;

k ——设计裕度系数, 设计燃料取值 1.25, 校核燃料取值 1.1;

G_1 ——单条输送线的设计出力(t/h)。

8.2.3 底渣输送设备的设计应符合下列规定:

- 1 刮板输送机和链斗输送机宜地上布置;
- 2 当采用刮板输送机方案, 斗式提升机进料段布置在地下时, 斗式提升机基坑应设置防雨和排污措施; 当采用链斗输送机方案时, 斗式提升机宜地上布置;
- 3 底渣输送设备的最高工作温度不宜低于 200°C ;
- 4 刮板输送机链条宜选择模锻链, 链速宜为 $0.04\text{m/s} \sim 0.08\text{m/s}$;
- 5 链斗输送机链条宜选用套筒滚子链, 链速宜为 $0.10\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$;
- 6 斗式提升机链条宜选用套筒滚子链, 链速宜为 $0.20\text{m/s} \sim 0.33\text{m/s}$;
- 7 刮板输送机/链斗输送机、斗式提升机宜配置变频调速装置;
- 8 输送系统事故排渣口四周应设置防护栏杆, 悬挂“小心烫伤”警示牌;
- 9 转动设备应设置防护罩。

8.2.4 底渣仓的设计应符合下列规定:

- 1 底渣仓的数量应根据渣量、储存时间、输送线的布置情况和运输道路等确定, 每台锅炉配置的底渣仓数量不宜大于 2 台;
- 2 当底渣仓作为储存渣仓时, 其总有效储量宜满足锅炉最大连续蒸发量燃用设计燃料时 $14\text{h} \sim 24\text{h}$ 的排渣量; 当底渣仓作为

中转渣仓时,其总有效储量宜满足锅炉最大连续蒸发量工况燃用设计燃料时不小于 8h 的排渣量;

3 底渣仓宜靠近锅炉房布置,汽车通道宜采用贯通布置;

4 底渣仓宜为钢结构仓,直筒部分宜为圆柱体,锥体部分宜为圆锥体;

5 底渣仓最高工作温度不宜低于 200℃;

6 底渣仓顶部应设置排气过滤器,排气过滤器最高工作温度不宜低于 150℃,粉尘排放应满足环保排放要求;

7 底渣仓锥部宜设置助流装置,可采用振打装置或空气炮;

8 底渣仓下卸料设备的型式、出力和数量应根据渣量、底渣仓结构布置、外部干、湿渣需求、运输设备以及运输条件等因素确定;

9 卸料设备应采取抑尘措施;

10 北方寒冷区域底渣仓运转层及以下部分应封闭采暖,顶层设置防雨(雪)棚;严寒地区底渣仓应全封闭采暖;

11 底渣仓运转层及顶层、扶梯应设置防护栏杆。

8.2.5 链斗机头部、斗式提升机头部和渣仓顶部宜设起吊设施。

8.2.6 底渣输送系统运行控制系统应符合下列规定:

1 底渣输送系统启动顺序应按斗式提升机、刮板输送机/链斗输送机和冷渣器进行;停运顺序与启动顺序相反;

2 每台炉的所有底渣输送线应自动连锁控制,当 1 条输送线故障停运时,其余输送线宜平均调整增大出力;

3 底渣输送系统设备应具备 0~100% 负荷连续调节控制功能。

9 启动助燃油系统

9.0.1 锅炉启动和助燃油燃烧器可选配风道燃烧器、床枪和床上燃烧器,并应符合下列规定:

1 锅炉启动和助燃油为轻油时,锅炉油燃烧器宜配置风道燃烧器或风道燃烧器加床枪;

2 锅炉启动或助燃油为重油时,锅炉油燃烧器不宜配置风道燃烧器;

3 风道燃烧器应配置点火装置和火焰检测装置;

4 床上燃烧器应配置点火装置和火焰检测装置;

5 床枪不应配置点火装置和火焰检测装置。

9.0.2 锅炉配置的燃烧器出力应符合下列规定:

1 当锅炉燃用褐煤,采用风道燃烧器与床枪或床上燃烧器组合方式时,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 20%;采用床上燃烧器方式时,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 30%;

2 当锅炉燃用烟煤、高挥发分贫煤时,采用风道燃烧器与床枪或床上燃烧器组合方式,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 25%;采用床上燃烧器方式,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 35%;

3 当锅炉燃用无烟煤、低挥发分贫煤时,采用风道燃烧器与床枪或床上燃烧器组合方式,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 35%;采用床上燃烧器方式,锅炉燃烧器的总出力不宜小于锅炉最大连续蒸发量输入热量的 45%。

9.0.3 燃油系统宜按不保持油循环热备用设计。

9.0.4 燃油系统的设计应符合国家现行标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660、《火力发电厂燃油系统设计规程》DL/T 5550 和《发电厂油气管道设计规程》DL/T 5204 的相关规定。

10 紧急补水系统

10.0.1 紧急补水系统的设置应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的要求。

10.0.2 紧急补水应为除盐水。

10.0.3 紧急补水箱的有效容量不应小于锅炉的紧急补水量,单台锅炉的紧急补水量应按下列各项之和计算:

- 1 锅炉冷却水量宜为锅炉最大连续蒸发量 1h 量的 18%;
- 2 锅炉平衡闪蒸所需水量宜为锅炉水容积的 35%与总蒸发受热面容积的 13%之和;
- 3 锅炉锥形阀冷却水量宜为锥形阀最小冷却水流量的 4h 耗量。

10.0.4 紧急补水箱应设置水位控制系统。

10.0.5 紧急补水泵的设置应符合下列规定:

- 1 紧急补水泵不应设置备用泵;
- 2 紧急补水泵应选用柴油机驱动的定速泵。柴油机启动至满负荷时间不应大于 10s,油箱有效储油量应能满足锅炉紧急补水泵连续运行 4h 耗油量;
- 3 紧急补水泵宜采用自润滑油系统和自冷却水系统;
- 4 紧急补水泵出口应设置再循环管道。

10.0.6 紧急补水泵出口的流量应满足所连接锅炉紧急补水消耗量要求,单台锅炉紧急补水消耗量的计算应符合下列规定:

- 1 对于水冷后包墙锅炉,紧急补水消耗量宜为锅炉最大连续蒸发量的 10%;
- 2 对于汽冷后包墙锅炉,紧急补水消耗量宜为锅炉最大连续蒸发量的 7.5%;

3 当锅炉设置有锥形阀时,紧急补水泵进口流量应加上从泵中间级抽出供锥形阀冷却用的最小冷却流量。

10.0.7 紧急补水泵的选型应同时满足下列两个工况的要求:

1 紧急补水泵的出口流量取本规范第 10.0.6 条的流量时,紧急补水泵的扬程宜按下列各项之和计算:

- 1) 补水泵到省煤器进口介质流动总阻力加 20% 裕量;
- 2) 省煤器进口与补水箱水位的静压差;
- 3) 锅炉额定工况省煤器入口给水压力。

2 紧急补水泵的出口流量取本规范第 10.0.6 条流量的 1.15 倍时,紧急补水泵的扬程宜按下列各项之和计算:

- 1) 本标准第 10.0.6 条流量时的补水泵到省煤器进口介质流动总阻力,并加 20% 裕量;
- 2) 省煤器进口与补水箱水位的静压差;
- 3) 锅炉额定工况省煤器入口给水压力;
- 4) 锅炉最大连续蒸发量工况下锅炉过热器压降(取负值)。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229
- 《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660
- 《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121
- 《火力发电厂除灰设计技术规程》DL/T 5142
- 《火力发电厂运煤设计技术规程 第1部分:运煤系统》DL/T 5187.1
- 《火力发电厂运煤设计技术规程 第3部分:运煤自动化》DL/T 5187.3
- 《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203
- 《发电厂油气管道设计规程》DL/T 5204
- 《火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程》DL/T 5240
- 《火力发电厂燃油系统设计规程》DL/T 5550

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂循环流化床锅炉系统
设计 规 范

DL/T 5556—2019

条 文 说 明

制 定 说 明

《火力发电厂循环流化床锅炉系统设计规范》DL/T 5556—2019,经国家能源局 2019 年 6 月 4 日以第 4 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组对有关电厂进行了调查研究,总结了我国循环流化床工程建设的实践经验,完成了《不同型式循环流化床锅炉及其系统配置情况调研报告》和《典型循环流化床电站锅炉系统设计运行情况调研报告》两份专题报告,同时参考了国外有关公司的技术规范。本标准为新编电力行业标准。

本标准的编制遵循的主要原则:

1. 对火力发电厂循环流化床锅炉系统的功能提出必须达到的基本要求。
2. 积极贯彻国家节约能源、节约资源、环境保护和安全生产的方针。
3. 积极采用国内外成熟的先进技术,提出先进的技术指标。
4. 注重与国内相关标准的协调。本标准中涉及的一些内容,在国家现行标准中已有明确规定的内容,仅指明应符合相关标准的有关规定,并写出标准的名称和编号,不抄写其内容。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(51)
2	术 语	(52)
3	烟风系统	(53)
3.1	一般规定	(53)
3.2	一次风系统	(53)
3.3	二次风系统	(54)
3.4	高压流化风系统	(55)
3.5	烟气系统	(56)
3.6	烟气净化系统	(58)
4	燃料制备系统	(60)
4.1	筛、碎设备	(60)
4.2	碎煤机室布置	(62)
4.3	煤泥系统	(63)
5	锅炉燃料供给系统	(65)
5.1	给煤系统	(65)
5.2	煤泥管道输送系统	(67)
6	石灰石粉制备及输送系统	(71)
6.1	石灰石接卸储存和输送	(71)
6.2	石灰石粉制备系统	(71)
6.3	石灰石粉输送	(73)
7	床料系统	(75)
7.1	启动添加床料系统	(75)
7.2	在线添加床料系统	(76)
8	底渣系统	(77)

8.1	底渣冷却	(77)
8.2	底渣输送和储存	(78)
9	启动助燃油系统	(80)
10	紧急补水系统	(83)

1 总 则

1.0.2 化石燃料包括煤、煤泥、煤矸石、油页岩和石油焦等。

2 术 语

2.0.6 粗筛机分离粒度尺寸通常为 30mm;粗碎煤机的人料粒度不宜大于 300mm,出料粒度不宜大于 30mm。

2.0.7 细筛煤机分离粒度尺寸为循环流化床锅炉要求的燃料最大粒度;细碎煤机的人料粒度宜为 30mm,不宜大于 100mm,出料粒度应小于或等于循环流化床锅炉要求的燃料最大粒度。

3 烟风系统

3.1 一般规定

3.1.1 对不同的煤质,不同锅炉厂结合自己的技术,在锅炉燃烧所需总风量一定的情况下,一次风、二次风和高压流化风的分配有所不同,准确的一次风、二次风和高压流化风风量由锅炉厂提供,因此,烟风系统需要根据锅炉风平衡图进行设计。

3.2 一次风系统

3.2.2 本条对一次风机的形式和台数做了相关规定。

1 循环流化床锅炉的一次风压头较高,难以选到合适的轴流风机,基本都选用离心风机。一次风机配置调速装置可以提高锅炉低负荷时风机的效率,从而降低电耗,调速装置主要有变频器和液力耦合器。

3.2.3 本条规定了一次风机的风量和压头选取原则。

1 循环流化床锅炉能燃用多种燃料,如煤、煤泥、煤矸石、油页岩和石油焦等。设计燃料电厂运行是最常用的燃料,也是机组性能保证时燃用的燃料,校核燃料通常用于验证相关系统和设备的设计是否有设计裕量。

对于四分仓空气预热器,一次风侧的净漏风量是指一次风漏至二次风的量;对于三分空气预热器时,一次风侧的净漏风量是指一次风漏至烟气和二次风的总量。

3.2.4 本条对播煤风系统的设计做了相关规定。

1 在播煤风系统中是否设置播煤风机,是由锅炉厂根据煤质特性及炉型特点来确定。

2 播煤风机风源有一次风和二次风,取自一次风系统,可减

少播煤风机压头,降低能耗。

3.2.5 本条对一次风加热系统做了相关规定。

1 循环流化床锅炉烟气中粉尘含量高,采用热风再循环对风机不利,故不推荐选用热风再循环系统。

3.2.6 循环流化床锅炉敷设有大量的耐火耐磨材料,蓄热量大,设置快速冷却风,可以减少锅炉停运后的冷却时间。

3.2.7 循环流化床锅炉机组的一次风机风压较高,需要采取措施防止风机出口风道振动。防振措施一般包括选取合适的风速,在风机出口设计足够的扩散直段,加大出口风道结构强度等。

3.3 二次风系统

3.3.2 本条对二次风机的形式和台数做了相关规定。

1 循环流化床锅炉的二次风压头较高,但比一次风压头低。300MW 级及以下容量机组的二次风机流量较小,压头较高,风机比转速较低,一次风机只能选择离心式引风机,可以加装变频器或液力耦合器等调速装置,以提高锅炉低负荷时二次风机效率。600MW 级容量机组锅炉燃用某些燃料,如高水分褐煤时,二次风量大,二次风机选用动叶可调轴流风机也是可能的,此时需要进行多工况参数进行校核,确保风机工作点都落在合理范围内。

3.3.4 本条对二次风加热系统做了相关规定。

1 循环流化床锅炉烟气中粉尘含量高,采用热风再循环对风机不利,故不推荐选用热风再循环系统。

3.3.5 引风机启动后,为防止炉膛负压过高,需要锅炉进风侧至少有 1 路通道与大气相通,一般采用二次风通道。当采用单台离心式二次风机时,为保证风机故障解列后二次风通道仍能与大气相通,可在二次风机出口设置通大气管道。

3.3.6 在至二次风喷嘴的风道上设置调节风门可用于调节二次风量,实现对风量的分配。

3.3.7 循环流化床锅炉机组的二次风机风压较高,需要采取措施

防止风机出口风道振动。防振措施一般包括选取合适的风速,在风机出口设计足够的扩散直段,加大出口风道结构强度等。

3.4 高压流化风系统

3.4.2 本条对高压流化风机的形式和台数做了相关规定。

1 高压流化风系统的特点是风量小、风压高,且风量和风压随锅炉负荷变化很小,因此,高压流化风机推荐选用定速风机,可节约投资。

高压流化风机可选型式有三类,即多级离心风机、单级高速离心风机和罗茨风机。罗茨风机的特点是风压高,但单台风机风量较小,大中型循环流化床锅炉机组需要配置的台数较多,会对现场布置和运行带来困难;单级高速离心风机的特点是风压高、流量大,但转速高,安装精度和维护要求高;与前两种型式相比,多级离心风机因风机台数、初投资和运行维护成本适中,目前大中型循环流化床锅炉机组都是配置的多级离心风机。

2 高压流化风机的数量需要根据锅炉高压风量,风机型式和造价经技术经济比较后确定。

高压流化风对循环流化床锅炉的运行非常重要,且高压流化风的风量基本不随锅炉负荷变化,因此,需要设置备用风机。当运行风机故障停运时,启动备用风机,保证锅炉的高压流化风量。考虑高压流化风机运行条件较好,为降低工程造价,故规定备用台数为1台。

考虑某台运行风机故障停运,启用备用风机需要一定的时间,为减小风机切换时的高压流化风压力波动,减少对锅炉的影响,高压流化风机的运行台数不少于2台,亦即总台数不少于3台。

3.4.3 本条对高压流化风机的风量和压头做了相关规定。

1 循环流化床锅炉高压流化风用风点较多,各个用风点的风压不一样,基本风压是各个用风点中最高的风压。

2 高压流化风机的风压高,厂用电耗较高,为避免因风量和

压头裕量同时最大而导致风机选型过大,风机选型需要同时满足以下两种情况的要求:一是低风量裕量和低风压裕量,并计算喷嘴出口背压附加值;二是高风量裕量和高风压裕量,但不计算喷嘴出口背压附加值。

3.4.4 本条对高压流化风道的设计要求做了相关规定。

1 与矩形风道相比,高压流化风道采用圆形风道,抗振性能更好。高压流化风风量小、风压高,高压流化风道壁厚较常规风道放大 1mm 选用,可增加风道刚度,减小风道振动。

2 高压流化风压很高,大中型循环流化床工程的流化风机选型风压达到 60kPa 左右,温升可达到 60℃左右,因此,流化风机出口风道需要考虑因温度上升引起的实际体积流量增加的因素。

4 罗茨风机是容积式风机,其风量不可调整,在风机出口设置 1 路向一次热风的泄压风道,可以在流化风用量减少时,通过向一次热风分流而泄压。

5 流化风系统并联运行时需要采取防止反转措施,如在风机出口设置排空管道或止回阀等。

3.4.5 高压流化风机集中布置,可以避免出现两侧运行风机台数不等,进而导致风压出现波动的情况。每台风机出口流化风道顺气流方向接入母管,可以减少风道振动、减少阻力。

3.5 烟 气 系 统

3.5.2 火力发电厂锅炉空气预热器主要分为管式和回转式两大类。管式空气预热器结构简单,维护方便,漏风小,但锅炉耗钢量相对大,传热效率相对低,排烟温度较高,烟风阻力相对高。回转式空气预热器传热效率高、结构紧凑、钢材耗量小、占用空间小、容易布置,烟风阻力相对小,但漏风相对大。300MW 及以下机组循环流化床锅炉的烟风量较小,目前大多数采用管式空气预热器。随着机组容量加大,300MW 级及以上机组的锅炉烟气量大幅增加,考虑减少锅炉耗钢量、减少排烟损失、提高经济性,因此,推荐

采用回转式空气预热器。四分仓回转式空气预热器在结构上是把压力高的一次风通道布置在中间,两侧是压力相对低的二次风通道,漏风是一次风漏入二次风,二次风漏入烟气,避免了高压头的一次风漏入烟气,可以有效减少空气预热器的总漏风量,而且循环流化床锅炉风压更高,为减少漏风,提高经济性,回转式空气预热器推荐选用四分仓型。目前 600MW 级循环流化床锅炉机组都是单台锅炉配置两台四分仓回转式空气预热器。300MW 级循环流化床锅炉机组有分别采用管式空气预热器和单台锅炉配置 1 台四分仓回转式空气预热器的方式,但趋势是采用单台四分仓回转式空气预热器。

3.5.3 本条对引风机的形式和台数做了相关规定。

1 循环流化床锅炉的烟气阻力较大,引风机的压头较高,能选用的风机形式与烟气量密切相关。300MW 级以下容量机组的引风机流量较小,压头较高,风机比转速较低,引风机只能选择离心式引风机,可以加装变频器或液力耦合器等调速装置,以提高锅炉低负荷时引风机效率。300MW 级容量机组的引风机流量适中,引风机既可选择离心式引风机,也可选择轴流式引风机,具体选用哪种型式,需结合机组负荷模式经综合的技术经济比较后确定。600MW 级容量机组的引风机流量大,引风机推荐选用轴流式风机。轴流风机分为静叶可调风机和动叶可调风机,由于静调风机调节系统简单,而且转速较低,耐磨特性更好等优点,如果参数合适,可以选型到静调轴流风机且特性曲线合理,建议优先选用静调轴流引风机。由于近年来燃煤电厂尾部烟气治理需要,烟气系统尾部选用电袋除尘器或布袋除尘器和增加二级脱硫装置等设施,导致引风机压头进一步升高,在风机选型时需要对多工况参数进行校核,若再选用静叶可调轴流风机,风机工作点难以落在合理范围内,因此目前对大容量燃煤机组引风机应用较多的是双级动叶可调轴流式风机。

3 循环流化床锅炉的引风机压头普遍较高,烟气系统应按现

行行业标准《火力发电厂燃烧系统设计计算技术规程》DL/T 5240 的有关规定,进行预防锅炉内爆工况的安全性评估。当引风机在环境温度下的 TB 点风压高于 12kPa 时,如果炉膛瞬态设计负压为 -8.7kPa 时,需要根据引风机特性进行安全性评估,或与锅炉厂协商论证进一步优化炉膛结构设计标准。

3.6 烟气净化系统

3.6.1 烟气净化系统一般包括脱硝、除尘和脱硫装置,需要按满足环境保护对烟气污染物排放的要求及燃料特性等进行设计。

3.6.2 循环流化床锅炉燃烧温度低,其烟气温度一般在 920℃ 以下,旋风分离器区域烟气温度在 870℃ ~ 908℃ 之间,该温度区间也是脱硝还原剂与 NO_x 发生反应的最佳温度区间,锅炉旋风分离器内烟气扰动强烈,同时还原剂从锅炉旋风分离器入口水平烟道喷入,使还原剂与烟气的混合更加充分,反应时间长。因此,选择性非催化还原(SNCR)技术应用在循环流化床锅炉上,相比较于常规煤粉锅炉,可以达到较高的脱硝效率,目前工程中可以达到 60% 以上。而且选择性非催化还原脱硝(SNCR)工艺相比较于选择性催化还原脱硝(SCR)工艺,系统简单、初投资低、运行成本低,当循环流化床机组需要烟气脱硝时,选用选择性非催化还原工艺仍不能达到环保要求时,可采用 SNCR + SCR 联合脱硝工艺,这种工艺结合了 SNCR 投资省和 SCR 高效的特点。SNCR 和 SCR 联合脱硝工艺通过炉内 SNCR 脱除部分 NO_x 后,未反应完全的还原剂进入 SCR 进一步脱氮,通常 SCR 设置一层催化剂,直接布置在原烟道上,不单独设置钢构架,SNCR 和 SCR 联合脱硝技术催化设置层数少,脱硝系统阻力较小,对循环流化床锅炉其脱硝效率可以达到 80% 以上。

3.6.3 目前,可供选择的烟气脱硫工艺方案很多,主要有烟气循环流化床半干法、石灰石-石膏湿法、海水法等。循环流化床锅炉的炉内脱硫吸收剂为石灰石,为便于工程采购和运行管理,炉后二

级脱硫工艺推荐选用钙基工艺,可采用循环流化床半干法烟气脱硫工艺、石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺。

循环流化床半干法烟气脱硫工艺系统简单、电耗和工艺水耗低、无脱硫废水排放,而且可充分再利用烟气中炉内脱硫未完全反应的 CaO ,推荐优先选用。石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺非常成熟,可以实现非常高的脱硫效率,当脱硫效率约 95% 以上时,综合经济性更优。

3.6.6 本条第 2 款是根据静电除尘器和布袋除尘器的有关规定,并结合工程实践经验确定的。

4 燃料制备系统

4.1 筛、碎设备

4.1.1 经过筛、碎设施处理后的煤是直接进入锅炉燃烧。循环流化床锅炉虽然有着对燃料的适应能力强的优点,但其对进入炉膛的燃料粒度范围、平均粒度大小、粒度的分布却有着较严格的要求,如果燃料粒度分布不合理、粒度过大或过小,会影响锅炉床温的均匀性,锅炉效率降低。因此,保障燃料级配使之满足循环流化床锅炉的要求是循环流化床发电厂运煤系统设计的重点。目前,受筛、碎设备设计技术和制造能力的制约,筛、碎设备尚不能满足粒度级配的要求,仅能满足最大粒度的要求。

4.1.2 分段破碎是结合破碎设备的特点,基于节能降耗而提出的加工模式。经大量理论研究和运行实践证明,分段破碎的加工模式更加节能,并提高了系统的经济性。

4.1.4 本条对细筛、碎设备设计做了相关规定。

1 随着循环流化床锅炉细筛煤机技术的发展,其可靠性和筛分效率都得到了提高。参照普通燃煤电厂筛、碎设备设计标准,当循环流化床锅炉发电厂设置了细筛煤机,经筛分后实际进入细碎煤机的大块煤量也减少,其设计出力可相应降低。

2 随着循环流化床发电厂锅炉容量和装机规模的不断提高,对应的上煤系统出力也随之增大,但细碎煤机的设备生产能力提高不大。据调查,目前细碎煤机能稳定运行的生产能力:可逆锤击式碎煤机为 600t/h,齿辊式碎煤机为 400t/h。因此,当循环流化床发电厂耗煤量较大时,推荐采用多台套细筛、碎设备匹配对应 1 套上煤系统出力。

3 当设置多套细筛、碎设备对应 1 路上煤系统带式输送机

时,一般设置有分煤缓冲仓和给煤机,也可采用具有可靠分煤功能的设备,如高幅概率组合筛煤机等,避免直接采用三通管、分煤挡板等不可靠的分煤设备。

4 当筛煤机和碎煤机受煤不均时,会影响筛分效率和破碎出力,也会造成设备不均匀磨损,影响碎后物料粒度级配分布,严重时导致碎煤机破碎腔堵煤。工程实践证明,布料器能有效保障细碎煤机的运行工况和生产能力,改善锤头的不均匀磨损。当选择高幅振动筛作为细筛煤机且其筛面宽度与碎煤机转子长度相当时,由于高幅振动筛筛面振动能使物料颗粒相互分离、松散,实际上起到了匀料的作用。

4.1.5 受细碎煤机的工作原理限制,以及细筛煤机跑粗、细碎煤机不均匀磨损等原因,运行中不可避免地存在部分大块物料通过细筛、碎设备而进入后续系统的情况,在细筛、碎设备之后再增设超限物料筛分设备的目的是减少过大物料进入锅炉的概率。根据四川白马 600MW 循环流化床示范电站等工程的运行调查表明,增加超限物料分选筛煤机后,有利于炉内床压稳定、防止冷渣器堵塞、保障锅炉效率。

2 为了不对细碎机室的土建尺寸造成过大影响,分选筛煤机的设备尺寸不宜过大,其筛面面积宜与细筛煤机相当。同时,考虑到要减少细料被带出系统的概率,需要进一步提高筛分效率,根据对部分电厂的调查和与设备制造厂沟通的结果,分选筛煤机的筛孔尺寸推荐按不小于细筛煤机筛孔尺寸的 2 倍考虑。

3 根据对部分电厂的调查结果,分选筛煤机筛选分离出来的大块物料中仅有少量的煤块,较多的是石块、铁块、混凝土块、木块等杂物。故分选筛煤机的筛上物不推荐直接返回到细筛碎设备入口进行循环破碎,而需要送出系统之外暂时堆放,经人工甄别后,大块煤送回系统,其他杂物抛弃。

4 分选筛煤机布置在细碎机室后到主厂房之间的转运站内,可以降低细碎煤机室的层高,减少工程造价。

4.1.6 运煤系统的混煤方式较多,当采用煤场多台斗轮堆取料机设备或缝式卸煤装置与煤场斗轮堆取料机设备进行粗混的设计方案时,混煤设施推荐布置在粗筛、碎设备之前;当采用混煤筒仓进行准确混煤的设计方案时,混煤设施推荐布置在细筛、碎设备之前。

4.1.7 为了减小床料输送对筛、碎设备的影响和减少对运煤系统的占用时间,床料装料设施应该布置在所有碎煤机室之后。

4.1.9 筛煤机和碎煤机的型式很多,用于循环流化床锅炉细筛、碎的设备也不少,随着技术的发展,今后也可能出现新的设备型式。本条所列举的筛、碎设备是目前循环流化床锅炉发电厂使用最多、运行较稳定、可靠性较高的设备。

4 可逆锤击式碎煤机以其成熟、可靠性高,以及运行稳定、维护方便等优点,在循环流化床锅炉燃煤的细破碎上得到了大量运用。

4.1.10 褐煤、油页岩等物料有较多的片状、条状形态,因此在筛煤机筛网选择或者筛孔设计时要避免跑粗。对需要严格控制筛下物跑粗的情况,优先选择圆孔、方孔、三角孔等;对易堵塞和卡孔的物料,选择开孔率较高的长方孔、长条孔、菱形孔、波纹孔、异形孔等。对油页岩这种摩擦系数较大的物料,应选择耐磨性好的筛网材料。

4.1.12 细碎煤机碎后煤粒度较细,固定的底算算孔较小,容易导致堵煤。

4.2 碎煤机室布置

4.2.2 第二级碎煤机室与第一级碎煤机室合并布置会使碎煤机室较高,当系统出力大于 400t/h 时,碎煤机的集中振动对建筑物的影响较大,且不利于除尘设备布置。

4.2.3 进料带式输送机或给煤设备、筛煤机和碎煤机顺煤流布置,煤流中心与各设备位置对齐,是为了保证来煤沿筛煤机筛面宽

度和碎煤机转子长度均匀布料,避免给煤偏移和煤层厚度不均而产生筛分效率和破碎能力下降,减少和避免碎煤机锤头磨损不均匀以及堵煤现象。

4.2.4 为减小碎煤机振动对建筑物的影响,出力超过 600t/h 的环锤式碎煤机以及出力超过 400t/h 的可逆锤击式碎煤机一般都采取了减震设计。常见的碎煤机减振措施有:碎煤机弹簧隔振基础、设备减震平台等方式。

4.2.9 碎煤机室内设备最大分离件的重量一般为碎煤机的转子。

4.3 煤 泥 系 统

4.3.1 即使是经干燥后以固体形态进厂的煤泥,因为产区不同、煤种不同、洗选工艺不同使煤泥的物料特性差异仍然较大。在设计时需要调查了解工程具体的煤泥特性,从而确定合理的煤泥系统设计方案。

4.3.2 本条对厂内煤泥接卸系统做了相关规定。

3 煤泥是一种高浓度、高黏度的半流体物料,属于非牛顿流体,主要成分为黏土、砂石、煤粉,与常规燃煤相比,具有粒度细、持水性强、水分含量高、黏性较大等物理特性。采用带式输送机输送煤泥时,需要采取相关措施,避免落煤管黏煤、堵煤,从而造成输送系统瘫痪。

4.3.3 本条对厂内设置缓冲和储存煤泥的煤泥棚的设计做了相关规定。

1 煤泥棚与煤泥泵房的合并布置有利于以减少输送环节,节省投资,降低运行费用。

2 煤泥棚根据煤泥堆料高度,通常分为地上布置、半地下布置两种形式。地上布置形式是指煤泥堆场布置于地面 0m,煤泥装载到地下料斗并经给料机送入斜升煤泥刮板机转运至分配刮板机中;半地下布置形式是指煤泥堆场采用煤泥池的结构形式,煤泥池池底及煤泥泵房底层标高均低于地面 0m,煤泥通过桥抓作业装载

至煤泥池旁煤泥泵房内的缓冲料斗然后转运至分配刮板机。煤泥棚地上布置方案的入仓系统复杂、投资高、占地面积大、能耗损失大,尤其在煤泥仓容积要求越来越大时以上特点尤为明显;半地下布置方案占地小、运行人员工作环境好,技术方案、综合造价和运行费用均优于地上布置方案。因此,推荐采用半地下布置方案。

5 锅炉燃料供给系统

5.1 给煤系统

5.1.1 循环流化床锅炉主要是应用于低热值煤等,耗煤量相对较大,煤仓中存储的煤是入炉煤,而循环流化床锅炉的入炉煤粒度较小,容易造成原煤仓堵煤,因此,考虑降低工程造价和防止原煤仓堵煤,循环流化床锅炉的煤仓不宜太大,锅炉原煤仓的总有效储煤量需要满足锅炉最大连续蒸发量燃用设计煤种 6h 以上的耗煤量。

5.1.2 本条参考《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660—2011 第 6.3.5 条,并考虑到循环流化床锅炉原煤仓贮存的原煤粒度远小于煤粉锅炉原煤仓贮存的原煤粒度,原煤仓更容易堵煤,故对相应的夹角角度统一为不应小于 70° 。国内目前循环流化床锅炉原煤仓防堵装置有中心给料机、空气炮及疏松机等型式,其中中心给料机防堵装置应用较多、防堵效果较好。

5.1.4 给煤线路数量及容量需要结合锅炉型式、锅炉给煤口的数量和煤仓布置等统一考虑。

为保证锅炉床压和床温的均匀性,循环流化床锅炉正常运行时,所有给煤线路推荐全部投运,因此,锅炉给煤线路采用容量备用更适合锅炉运行要求,而且确定锅炉给煤线路的容量还要考虑锅炉给煤口的最大进煤能力。

对于采用裤衩腿双布风板型式的循环流化床锅炉,为保证两侧床压的稳定,锅炉两侧煤量需要基本相同,同时考虑到给煤线路的故障,因此,要求单侧给煤线路的数量不低于 2 条。目前,已投运的 600MW 级和引进型 300MW 级采用双布风板型式的循环流化床锅炉单台炉均设 4 条 50% 容量的给煤线路,单侧给煤线路为 2 条。对于燃用高水分褐煤的 600MW 级采用双布风板型式的循

循环流化床锅炉,由于耗煤量大,锅炉单侧给煤线数量达到了8条。

对于单布风板型式的循环流化床锅炉,给煤线路的容量需要结合给煤线路的故障率和给煤线路的数量等综合考虑。

循环流化床锅炉给煤线路的级数与锅炉给煤口的位置和煤仓的布置等有关,对于前墙给煤多采用1级、侧墙给煤多采用2级、后墙给煤多采用2级或3级。对于多级给煤系统,如果上下级给煤设备出力不匹配,则容易出现堵煤或断煤情况。

5.1.5 循环流化床锅炉的第一级给煤机要求具有良好的调节性能和计量功能。耐压称重式给煤机具有自动调节和精确计量的功能,因此,第一级给煤机推荐选用耐压称重式给煤机。刮板给煤机结构较简单,密封性好,输送距离长,价格较低,且可实现“一进多出”的功能,因此,除第一级外,后级给煤机推荐选用刮板给煤机。

5.1.6 本条对给煤系统密封风做了相关规定。

2 循环流化床炉内为正压,为防止烟气反串,锅炉给煤口需要设置密封风。工程实际经验表明,热二次风压力偏低,推荐采用热一次风。

5.1.7 为了在故障时快速隔离给煤系统,防止热风或烟气反串至给煤系统引起事故,落煤管道上需要设置气动快关门。

5.1.8 本条对给煤设备的布置做了相关规定。

2 给煤设备与锅炉给煤口的对应关系需要保证给煤线路在正常或故障情况下,满足锅炉对给煤均匀性及给煤量等要求。当采用侧墙或后墙给煤方案,1条给煤线路对应多个给煤口,不同给煤线的给煤口交错布置,可避免当给煤线路故障时,给煤点过于集中带来炉内床压和床温的不均匀等问题。

3 单台给煤设备对应的给煤口数量超过2个时,各给煤口之间易发生给煤不均的现象,即使在某工况调整均匀后,也难以保证在锅炉不同负荷时始终保持给煤均匀。给煤不均匀会导致锅炉床压和床温的不均匀,影响锅炉运行,因此需要采用有效措施来保证单台设备的各给煤口均匀给煤,如在末级给煤机出口设置可调节

插板门,以便运行调整各给煤口的给煤量。

4 为防止热风或烟气反串,锅炉给煤口上方需要留有适当的密封高度,以便煤柱起到密封作用。

5 落煤管垂直布置可以防止落煤管堵煤。

5.2 煤泥管道输送系统

5.2.1 本条对煤泥管道输送系统的设计做了相关规定。

2 火力发电厂掺烧的煤泥通常是洗煤厂在煤炭洗选过程中分离出的含有杂质的由煤炭细颗粒组成的固、液两相体,一般具有灰分高、颗粒细、热值低、黏度高、质量浓度大等特点。

煤泥通过管道系统以膏状形态输送至锅炉炉膛燃烧,是一种典型的非牛顿流体。目前,煤泥管道输送系统的设计计算尚无成熟的计算公式,主要依赖于试验数据和工程经验。工程设计时,需要先对煤泥进行料性测试,获取详细的物料特性数据,结合本工程的输送条件,与过去已完成并成功运行的煤泥管道输送工程项目相比对,如煤泥特性和输送条件相近或在可控范围内,则可利用原有成熟的设计数据进行设计;否则需要做煤泥管道输送系统相关试验,获取煤泥系统设计所需技术数据,此外还需要开展相关技术评审,方能用于工程设计。

4 由于煤泥掺烧是煤泥综合利用最优途径之一,且掺烧电厂运行的总体经济性较好,受到国家积极鼓励和支持,目前很多煤泥掺烧的电厂,运行一段时间后均在进行大比例掺烧煤泥改造。新建电厂煤泥系统设计时,除满足项目当前掺烧煤泥要求外,还需要为今后可大比例掺烧煤泥创造条件。

5 输送至锅炉的煤泥进入炉膛燃烧一般有三种方式:一是煤泥从锅炉顶部经专用给料装置自由落入炉膛,即炉膛顶部给料方式;二是煤泥从炉膛的中部通过专用给料装置将煤泥送至炉膛,即炉膛中部给料方式;三是煤泥从炉膛下部通过专用煤泥喷枪将煤泥喷入炉膛,即炉膛下部给料方式。

对于炉膛顶部给料方式,煤泥从锅炉炉顶下落后,在炉膛内完成爆裂和燃烧,部分在锅炉中段爆裂的煤泥下落行程较长,而部分在炉顶爆裂的煤泥,尤其是小颗粒煤泥行程较短,容易被烟气带走在旋风分离器和烟道形成二次燃烧,未完全燃烧部分被带出,形成排烟热损失和飞灰不完全燃烧损失。而且顶部给料煤泥管提升高度较高,输送压力大,煤泥泵的运行能耗也较高,对管架的推力也比较大,如攀钢电厂煤泥采用炉顶进料,其单根煤泥管道设计推力最大达到 16t。

对于炉侧中部给料方式,由于降低了给料位置,小颗粒煤泥被带走的机会比炉顶给料小很多,其排烟热损失和飞灰不完全燃烧损失比炉顶给料要低。2011 年 7 月~2012 年 12 月,神华神东电力有限责任公司上湾电厂 150MW 循环流化床锅炉开展了大比例掺烧煤泥试验,研究了锅炉在高负荷、低负荷种工况下以及顶部和中部不同给料位置时煤泥掺烧比例对锅炉运行特性的影响,研究结果显示:煤泥从炉侧中部给料比从顶部给料锅炉效率高 0.2%~0.9%,采用中部给料的经济性和运行效果优于顶部给料。但目前中部给料采用的机械抛射式给料器存在抛射行程短,煤泥易失水板结等问题,运行故障率较高,还在不断改进之中,故未广泛采用。

对于炉膛下部给料方式,即煤泥喷枪给料的方式,通过加入压缩空气与煤泥混合,起到打散煤泥和增加煤泥扰动的作用,防止形成较大的煤泥团沉积在锅炉底部。由于喷枪布置在锅炉下部,煤泥在炉内有相对长的停留时间,逃逸进入旋风分离器的份额较小,对锅炉燃烧效率影响小。临涣一期 300MW 煤泥矸石电厂机组验收测试报告也证实,采用下部给料对排烟热损失和飞灰不完全燃烧损失的影响较小。

对于中部和下部给料的具体接入高度,根据煤泥掺烧量,锅炉炉膛燃烧情况等,目前仍在不断调整优化调整中,如临涣电厂喷枪布置高度距布风板不到 3m,当煤泥投入量较大时,部分煤泥团未能在密相区充分流化燃烧,直接从冷渣器进口排出炉膛,造成底渣

含碳量增加。后来该电厂将喷枪布置高度抬高至距布风板 5m 以上,减少了床料对煤泥枪的磨损,同时提高了煤泥在炉内的停留时间,实际运行效果较好。因此,喷枪给料也可用于中部给料。

综上,煤泥入炉方式推荐采用中下部给料。

5.2.4 本条对煤泥仓的设计做了相关规定。

1 由于煤泥的特殊料性,为保证煤泥流动顺畅,要在煤泥仓底部设置下料装置。目前,国内供应商的煤泥仓采用底部带滑架的卸料器加卸料螺旋,这种煤泥仓的有效容积一般只能做到 300m^3 左右;国外供应商的煤泥仓仓壁带有翼型板,底部设有转鼓式弹性拨料臂加卸料螺旋装置,已有 1000m^3 以上煤泥仓的业绩。

3 煤泥在堆放和运输过程中容易混入石块、铁丝、螺钉等杂物,这些杂物进入煤泥管道输送系统,容易造成设备和管道的堵塞,严重时造成设备的损坏。因此,在煤泥进入煤泥仓前推荐设置除杂装置,除去大部分杂物,保证系统的安全运行。目前煤泥除杂设备主要是煤泥专用振动筛。

充分搅拌后的煤泥黏度降低,均匀性和稳定性增强,输送阻力减小,有利于提高煤泥输送浓度,降低输送能耗和提高锅炉效率,因此,推荐煤泥仓前设置预搅拌装置,将煤泥调整到最佳的输送浓度。也有国外系统在煤泥仓后再设搅拌螺旋进行搅拌制膏,从实际运行效果看在仓前进行预搅拌,煤泥仓内贮存膏状煤泥比原生煤泥更能减小煤泥滑架的阻力,对于煤泥仓的安全运行很有好处。

5.2.5 本条对煤泥输送泵的设计做了相关规定。

1 煤泥输送泵用于输送煤泥至炉膛时,根据锅炉厂对单个煤泥入口的流量要求,以及目前掺烧煤泥投运电厂的初步统计,输送至炉膛的单条煤泥输送线最大运行业绩约为 $30\text{m}^3/\text{h}$ 。

煤泥输送泵用于输送煤泥至中转煤泥仓时,综合考虑煤泥仓的容积、煤泥仓下部的煤泥泵组的数量和国内供应商煤泥泵生产能力等因素,推荐“单台煤泥泵的流量不宜大于 $60\text{m}^3/\text{h}$ ”。

3 煤泥泵出口阀门常见的有提升阀和 S 摆管阀两种形式,各

有优点,根据实际运行情况,S 摆管阀适应性更强,更适合煤泥输送的特点。

5.2.6 本条对煤泥管道设计做了相关规定。

1 根据目前实际工程调研情况,煤泥的输送速度范围一般为 $0.1\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 。选择较低的输送流速,煤泥输送浓度可进一步提高,有利于提高锅炉效率。

3 煤泥管道可采用单独设置清洗泵或利用煤泥泵注水清洗。实际工程中,长时间停运才需要清洗煤泥管道,停运时间在 3 个月以下的无需清洗。

6 石灰石粉制备及输送系统

6.1 石灰石接卸储存和输送

6.1.1 本条对石灰石接卸和储存设施进行了相关规定。

1 当石灰石采用铁路运输进厂时,利用电厂卸煤设施卸车,可以不另设石灰石的铁路卸煤设施,铁路运输进厂的石灰石利用电厂翻车机系统卸煤的间歇时间或在缝式煤槽卸煤装置端部增设专门的石灰石接卸货位进行卸车,并经带式输送机运输到厂内石灰石棚。

当需要设置专门的石灰石铁路卸煤装置时,石灰石的接卸推荐与储存设施进行合并布置,在石灰石棚内设置栈台——地槽进行接卸。

6.1.2 石灰石若长期经受日晒雨淋容易风化变质,石灰石粉极易吸附水分,且吸水后容易板结,进而造成石灰石筛分、破碎、制粉和气力输送系统堵塞,较细的石灰石颗粒容易对周围环境造成污染,因此,石灰石不宜露天存放,其储存设施通常采用桥式抓斗起重机石灰石棚方案。

6.2 石灰石粉制备系统

6.2.3 本条对石灰石粉制备系统的设计做了相关规定。

1、2 根据物料破碎(磨制)相关理论,分段破碎有利于石灰石粉制备系统的节能,提高经济性。结合目前国内磨制(破碎)石灰石设备的能力,以及实际运行经验,制备系统采用破碎机破碎粒度大于 30mm 石灰石粒度至 30mm 以下,再采用磨机或破碎机破碎至 1mm 以下较为合适。

4 石灰石制备系统中气力分选系统具有一定的除湿能力,能

适应一定含水率的石灰石,经实际运行证明,当石灰石含水率小于或等于 3%时,制备系统能够正常运行。

5 在制备石灰石粉过程中将产生粒度小于 $45\mu\text{m}$ 的石灰石超细粉,这种粉料不适合用于炉内脱硫,但适合用于炉外烟气湿法脱硫。因此,在传统石灰石粉制备系统中,增设一级超细粉选粉系统,提供炉外烟气湿法脱硫所需的石灰石粉,可节约资源,提高机组的经济性。

石灰石粉制备一体化系统是指在第二级制备系统后增加一级超细粉选粉系统,即磨制(破碎)系统+气力分选系统+超细粉气力分选系统,分选出来的超细粉用气力输送系统送至炉外烟气湿法脱硫系统中的石灰石粉仓。从目前投运的山西联盛 300MW 循环流化床机组石灰石粉制备一体化系统的运行测试情况看,炉内成品粉和炉外超细粉的比约为 2.77:1。

6.2.4 规定单套制备系统的设计出力不宜大于 50t/h,是根据目前国内循环流化床电厂石灰石粉制备系统单套出力最大运行业绩确定。

6.2.5 本条对磨制(破碎)系统的设计做了相关规定。

1 破碎(磨制)设备要求对入料、返料石灰石(粒径、硬度、含水率等变化)有一定的适应和调节措施。

3 尽管在石灰石棚卸料输送设备处,设置了除铁器,但由于输送设备出力较大,运行速度较高,经运行证明,仍有少量小块铁件不能完全去除,因此,需在第二级制备设备前设置除铁器。

6.2.6 本条对分选系统的设计做了相关规定。

3 分选机的分选效率也受破碎后物料粒径和级配影响,以及分选机本身的结构型式设计等有关,目前国内循环流化床电厂投产的石灰石粉气力分选系统中,采用瀑流式分选系统的业绩最多,也最成熟,分选效率均可达 85%。从瀑流式分选系统分选出的成品粉接入的超细粉选粉机的选粉效率通常也不小于 85%。

6.2.7 本条对石灰石粉制备站的设计做了相关规定。

1 石灰石粉制备站靠近锅炉房布置,可以缩短后级石灰石粉输送系统的输送距离,降低输送系统运行能耗。

3 石灰石粉制备站采用紧凑型布置可以节约占地、降低运行能耗。其中分层布置是指,第二级磨制(破碎)设备、气力输送设备地面布置,第一级破碎设备和石灰石(粉)仓中间层布置,气力分选设备、负压吸尘设备顶层布置。

6.3 石灰石粉输送

6.3.2 石灰石粉正压气力输送系统的设计和运行效果与石灰石粉物料特性、输送条件等因素密切相关,不同地区的石灰石粉物料特性和输送条件相差较大。由于以往该影响因素未引起足够重视,导致部分电厂出现系统运行不正常、技术指标不能达到设计要求、能耗大等不利情况,因此,在系统设计没有成熟经验时,需要开展物料测试并进行输送试验,同时进行相关技术论证。

6.3.3 气力输送系统具有连续调节和快速反应的能力,目前绝大多数电厂的石灰石粉输送系统均采用气力输送系统。

6.3.5 本条对石灰石粉二级正压气力输送系统的设计做了相关规定。

1 一般情况下,推荐每炉设 1 条备用输送线路,或两炉设 1 条备用输送线路。

6.3.7 本条对石灰石粉仓的设计做出了相关规定。

1 石灰石粉仓靠近锅炉房布置可以减少输送系统运行能耗。外购石灰石粉都采用密封罐车输送,密封罐车的卸料出力较低,当卸料高度增加,卸料出力下降,因此,规定粉仓高度不宜高于 20m。

6.3.8 本条对石灰石粉正压气力输送管道的设计做了相关规定。

1 当石灰石粉气力输送系统停止运行时,为防止与炉膛接口处的输送管道温度过高,损坏入炉关断阀,需要在炉膛接口处设置密封风。

2 分配器至炉膛的石灰石粉支管由于布置原因,通常各支管的长度不同,为保证进入炉膛时各接口的粉量均匀,规定各条输送管道压损允许偏差为 $\pm 2.5\%$ 。

3 大量的工程运行经验表明,石灰石粉气力输送管道容易磨损,尤其是较远距离输送时,弯头和直段的磨损均较为严重,因此,规定石灰石粉输送管道宜全程采用耐磨材质。

7 床料系统

7.1 启动添加床料系统

7.1.1 本条对启动添加床料系统做了相关规定。

1 启动添加床料系统仅用于锅炉空炉启动,即首次启动或停炉放空床料检修后再次启动时添加床料,主要分为人工输送、机械输送和气力输送三种方式。常用的床料机械输送方式又可分为两大类,一类是通过给煤机机械输送方式,在煤仓间设置床料仓,通过给料机和给煤机向锅炉给料,这种方式目前应用较多;另一类是通过重力自流机械输送方式,在锅炉侧或炉架内设置床料仓,通过斗式提升机,将地面的床料输送至床料仓,然后通过重力进入锅炉。

由于大中型循环流化床锅炉的启动添加床料量较大,采用人工输送方式,劳动强度大,同时启动床料一般为河沙,采用气力输送方式,输送管道磨损大,系统出力受限,故推荐采用机械输送方式。

2 启动添加床料系统仅使用于锅炉启动前,且使用次数非常少,推荐设置1套,不设置备用。

3 启动添加床料系统出力的确定考虑了设备选型和锅炉启动时间的要求,时间短,设备出力大,不经济;时间长,锅炉添加床料时间长,影响机组的启动时间。为减少投资提高工程经济性,启动添加床料系统出力满足8h内添加完启动床料量是根据工程经验确定的。

7.1.2 本条对床料仓的设计做了相关规定。

2 床料仓仅用于锅炉空炉启动,而且使用频率低,因此,床料仓有效储料量不宜过大,通常按不大于锅炉启动床料量确定。

4 床料机械输送方式的床料仓可布置在煤仓间、锅炉侧或锅炉构架内。床料仓布置在煤仓间方案,可利用上煤系统、然后通过给料机和给煤机进入锅炉,该方案机械化程度高,运行业绩较多。

7.1.4 当采用给料机和给煤机串联输送床料至锅炉时,在给料机至给煤机的落料管上设置关断门,是为避免给煤机密封风反串至给料机和床料仓。

7.2 在线添加床料系统

7.2.1 当锅炉燃料灰分很低时,锅炉运行中需要添加床料以保证锅炉炉内的物料循环,各锅炉厂对于设置该套系统的判定标准也不尽相同,具体工程需要根据燃料的灰含量、硫含量、锅炉运行要求等分析确定。目前设置在线添加床料系统的工程极少,常见的在线添加床料的方式是气力输送。

7.2.4 本条对床料仓的设计做了相关规定。

2 床料仓靠近锅炉房布置可以缩短气力添加床料系统的输送距离,降低输送系统运行能耗。

3 设置空气炮或振打装置便于卸料时的破拱处理。

7.2.6 本条对气力添加床料管道设计做了相关规定。

1 当气力添加床料系统停止运行时,在炉膛接口处设置密封风,是为防止与炉膛接口处的输送管道温度过高,损坏入炉关断阀。

2 分配器至炉膛的床料输送支管由于布置原因,通常各支管的长度不同,为保证进入炉膛时各接口的床料量均匀,规定各条输送管道压损允许偏差为 $\pm 2.5\%$ 。

3 由于气力输送床料管道容易磨损,规定全程采用耐磨材质。

8 底渣系统

8.1 底渣冷却

8.1.1 冷渣器的型式有多种,主要有流化床风水联合冷却冷渣器和滚筒式水冷冷渣器。目前,国内 125MW 级及以上机组的冷渣器普遍采用滚筒式,仅少数电厂还保留风水联合型式冷渣器。国内第一批引进型 300MW 循环流化床机组均采用风水联合型式冷渣器,但由于风水联合型式冷渣器对煤种变化、入炉煤粒度变化和底渣粒度非常敏感,易发生堵塞及结焦问题,影响锅炉正常运行,后期均改为滚筒式。滚筒式冷渣器对煤种变化、入炉煤粒度变化和底渣粒度不敏感,适应性较好,因此推荐采用滚筒式冷渣器。在煤质稳定且入炉煤的粒度能够控制的情况下,经技术经济比较后,也可采用风水联合或其他型式冷渣器。

8.1.2 本条规定了锅炉冷渣器的配置台数和出力的基本要求。

冷渣器的台数和出力需要结合锅炉排渣量、锅炉排渣口的数量及位置、底渣输送系统配置、锅炉房布置等综合考虑确定。台数太多将增加初投资与运行、检修维护工作量,设备布置困难;台数较少则单台冷渣器出力偏大,带来调节性能差、运行不灵活等问题。冷渣器的数量需要结合技术经济比较后确定,选型时还要考虑冷渣器的制造能力。

为保证床压及床温的均匀性,循环流化床锅炉排渣采用多点排渣运行方式。正常运行时,所有冷渣器全部投运,因此,冷渣器采用容量备用更适合锅炉运行要求。

对于裤衩腿双布风板型式循环流化床锅炉,两侧各自为独立的布风板和排渣口,考虑冷渣器故障情况,规定单侧布风板对应的冷渣器的数量不得少于 2 台。目前,300MW 级锅炉单侧冷渣器

数量通常为 2 台~3 台,600MW 锅炉单侧冷渣器数量通常为 3 台~5 台。

对于单布风板型式的循环流化床锅炉,考虑冷渣器故障情况,规定单台炉冷渣器的数量不得少于 2 台。目前,125MW 级锅炉冷渣器数量通常为 2 台或 4 台,300MW 级锅炉冷渣器数量通常为 4 台或 6 台。

为保证下游底渣输送设备的正常运行,冷渣器出口排渣温度不宜过高,根据底渣输送设备的要求规定冷渣器出口排渣温度不宜大于 150℃。

8.1.4 本条对冷渣器的冷却水做了相关规定。

3 目前大多数工程采用滚筒式冷渣器或风水联合冷渣器时,其冷却水基本都采用凝结水,回收的热量进入回热系统,且系统相对简单。

8.2 底渣输送和储存

8.2.3 本条对底渣输送设备的设计做了相关规定。

3 由于规定冷渣器出口的渣温设计不宜大于 150℃,考虑到实际电厂运行由于燃料变化带来的不确定性因素,实际运行中冷渣器可能会出现超温的情况,规定底渣输送设备的最高工作温度不宜低于 200℃。

4~6 设备的磨损与链速的高低密切相关。设备正常运行时链速推荐按链速范围中小值选取;故障线设备停运时,其余输送线设备链速,根据其余输送线出力平均增加的要求,按链速范围的大值选取。

7 采用调速装置可以适应机组运行时渣量的变化,以及输送线设备故障停运时,其余输送线设备出力增加的要求,满足节能运行并延长设备运行寿命。

8.2.4 本条对底渣仓的设计做了相关规定。

1 考虑到底渣输送设施的场地布置因素,每台炉底渣仓的数

量推荐不超过 2 台。

3 底渣仓布置在锅炉房旁可以节约底渣输送的运行能耗,汽车通道采用贯通布置,可以缩短运渣汽车在锅炉房旁的装运时间,避免拥堵。

4 从钢结构的耐温性能以及圆锥体制造难易等方面考虑,规定底渣仓宜为钢结构仓。

5 底渣仓最高工作温度与前级底渣输送设备的最高工作温度相同。

9 装渣运输车辆大多采用自卸敞车,需要采取抑尘措施,避免装车时粉尘飞扬。

9 启动助燃油系统

9.0.1 目前循环流化床锅炉启动和助燃设备主要有床上燃烧器、风道燃烧器和床枪三种型式,按照锅炉启动和助燃燃料种类进行配置。

1 风道燃烧器布置在一次风道内,燃烧生成的高温烟气与一次风混合后形成热烟气,穿过布风板与床料直接接触并进行热交换;床枪布置在布风板上方的密相区内,距布风板较近;床上燃烧器布置在布风板上方,距布风板较远。三种燃烧中,风道燃烧器的加热均匀性好,加热速度快、热利用效率高,因此在燃用轻油时,推荐选择配置风道燃烧器或风道燃烧器加床枪。

2 当采用重油作为启动或助燃油,如果重油雾化效果不佳或燃烧不充分,会带来堵塞风帽和污染床料的不利影响,故推荐采用床上燃烧器。

5 床枪布置在布风板上方的密相区内,只有当床温达到一定温度时才能投入,因此不需要点火装置和火焰检测装置。

9.0.2 锅炉配置的燃烧器出力需要根据燃用煤种和配置的燃烧器类型确定,燃用挥发分高、易燃烧煤配置的燃烧器出力低,配置风道燃烧器要求的出力低。部分循环流化床锅炉电厂燃烧器配置及出力见表 1。

表 1 部分循环流化床锅炉电厂燃烧器配置及出力统计表

序号	项目	锅炉厂家	煤种	燃油	燃烧器配置	燃烧器的总输入热量
1	印度巴尔梅尔 135MW 电厂	东方锅炉	褐煤	轻柴油	风道燃烧器 + 床枪	45%BMCR
2	河南叶县蓝光 135MW 电厂	哈尔滨锅炉	烟煤	轻柴油	风道燃烧器 + 床上燃烧器	27%BMCR

续表 1

序号	项目	锅炉厂家	煤种	燃油	燃烧器配置	燃烧器的 总输入热量
3	印度 Paloncha 150MW 电厂	无锡华光 锅炉	褐煤	轻柴油	风道燃烧器+床 上燃烧器	23%BMCR
4	四川白马 300MW 电厂	阿尔斯通 锅炉	低挥发 分贫煤	轻柴油	风道燃烧器+ 床枪	39%BMCR
5	云南小龙潭 300MW 电厂	上海锅炉	褐煤	轻柴油	风道燃烧器+ 床枪	23%BMCR
6	淮北临涣二 期 330MW 电厂	哈尔滨锅炉	烟煤	轻柴油	风道燃烧器+床 上燃烧器	26%BMCR
7	福建永安 300MW 电厂	东方锅炉	无烟煤	轻柴油	风道燃烧器+床 上燃烧器+床枪	34%BMCR
8	湖北东阳光 300MW 电厂	东方锅炉	高挥发 分贫煤	轻柴油	风道燃烧器+ 床枪	30%BMCR
9	山西国金 350MW 电厂	东方锅炉	烟煤	轻柴油	风道燃烧器+ 床枪	20%BMCR
10	安徽钱营孜 350MW 电厂	上海锅炉	烟煤	轻柴油	风道燃烧器+床 上燃烧器+床枪	22% BMCR
11	越南升龙 300MW 电厂	武汉锅炉/ 阿尔斯通	无烟煤	轻柴油	风道燃烧器+床 上燃烧器+床枪	40%BMCR
12	越南海阳 300MW 电厂	无锡华光 锅炉	无烟煤	重油	床上燃烧器	40%BMCR
13	四川白马 600MW 电厂	东方锅炉	贫煤	轻柴油	风道燃烧器+ 床枪	26%BMCR

注:四川白马 600MW 电厂燃用贫煤,设计煤种和校核煤种的挥发分分别为 14.74%和 14.67%,接近高挥发分贫煤范围。

9.0.3 循环流化床炉内是沸腾燃烧,其燃烧没有火焰中心,煤粒的燃烧依靠炉内大量的高温物料循环所维持的床温。在循环流化床炉内大量高温物料进行内、外循环,循环物料具有很大的蓄热量,且炉内燃料量占循环物料量的比例较小,循环流化床锅炉床温

的稳定性较好,对外部变化,如煤质和负荷的变化敏感性不高。所以循环流化床锅炉投油主要是应用在启动和低负荷床温无法维持时,其燃油系统可实现间断运行,即需投油时启动燃油系统,不需投油时停运燃油系统。因此燃油系统推荐按不保持油循环热备用设计。

10 紧急补水系统

10.0.2 紧急补水直接进入锅炉,需要为除盐水。

10.0.3 锅炉水容积包括省煤器及相关管道、炉膛水冷壁及相关管道、水冷后包墙(若有)及相关管道。

10.0.5 本条对紧急补水泵的设置做了相关规定。

3 紧急补水系统要求在全厂失电下也能运行,该工况下无外接电源、冷却水和润滑油,因此,规定紧急补水泵宜采用自润滑油系统和自冷却水系统。

4 紧急补水泵设置再循环管道主要有两个功能,一是当泵出口压力高于设定值时,将部分补水回至补水箱;二是作为补水泵日常试运行时的循环回路。

10.0.6、10.0.7 这两条规定了紧急补水泵的选型流量和扬程。第 10.0.7 条第 1 款对应的是给水中断初期,第 10.0.7 条第 2 款对应的是给水中断后期。对于给水中断后期,补水泵出口流量计入旁路减温水量,此时锅炉过热器蒸汽大幅减少,阻力计算中要扣除其压降。