

135MW 循环流化床锅炉辅机配置研究

张桂英 夏青扬

勇俊宝

(山东电力工程咨询院, 济南 250013)

(山东省建筑设计研究院, 济南 250001)

摘要: 根据四个 135MW 循环流化床锅炉机组工程的实际运行情况, 给出各辅机设备的选型原则和改进措施, 有效解决锅炉运行中的诸如堵煤、厂用电率高等疑难问题。

关键词: 循环流化床 锅炉 运行情况 改进措施

Selection study of the auxiliary equipment in 135MW circulating fluidized bed (CFB) boiler

Zhang Guiying Xia Qingyang

Yong Junbao

(Shandong Electric Power Engineering

(Shandong Architecture Design and

Consulting Institute, Jinan 250013, China)

Research Institute, Jinan 250001, China)

Abstract: Give the selection principal of the auxiliary equipment and improvement measures based on the running experimental of the four 135MW CFB in thermal power plant ,effectively resolved the difficulties such as the coal jam , the higher auxiliary power ratio and so on .

Keywords: circulating fluidized bed (CFB), boiler, running experimental, improvement measures

1. 概述

随着物质文化生活水平的提高, 环保问题越来越受到人们的关注。电厂由于采用高效电气除尘器, 烟尘污染问题基本得到了控制, 但 SO_2 和 NO_x 的排放仍然是目前研究的主要课题。采用循环流化床锅炉加石灰石炉内脱硫是燃煤电厂控制 SO_2 排放的首选方案。迄今为止, 国内外已有大量不同容量的循环流化床锅炉投入运营, 状况令人满意, 不仅取得了可观的经济效益, 而且取得了较为理想的社会效益, 尤其是环保效益。

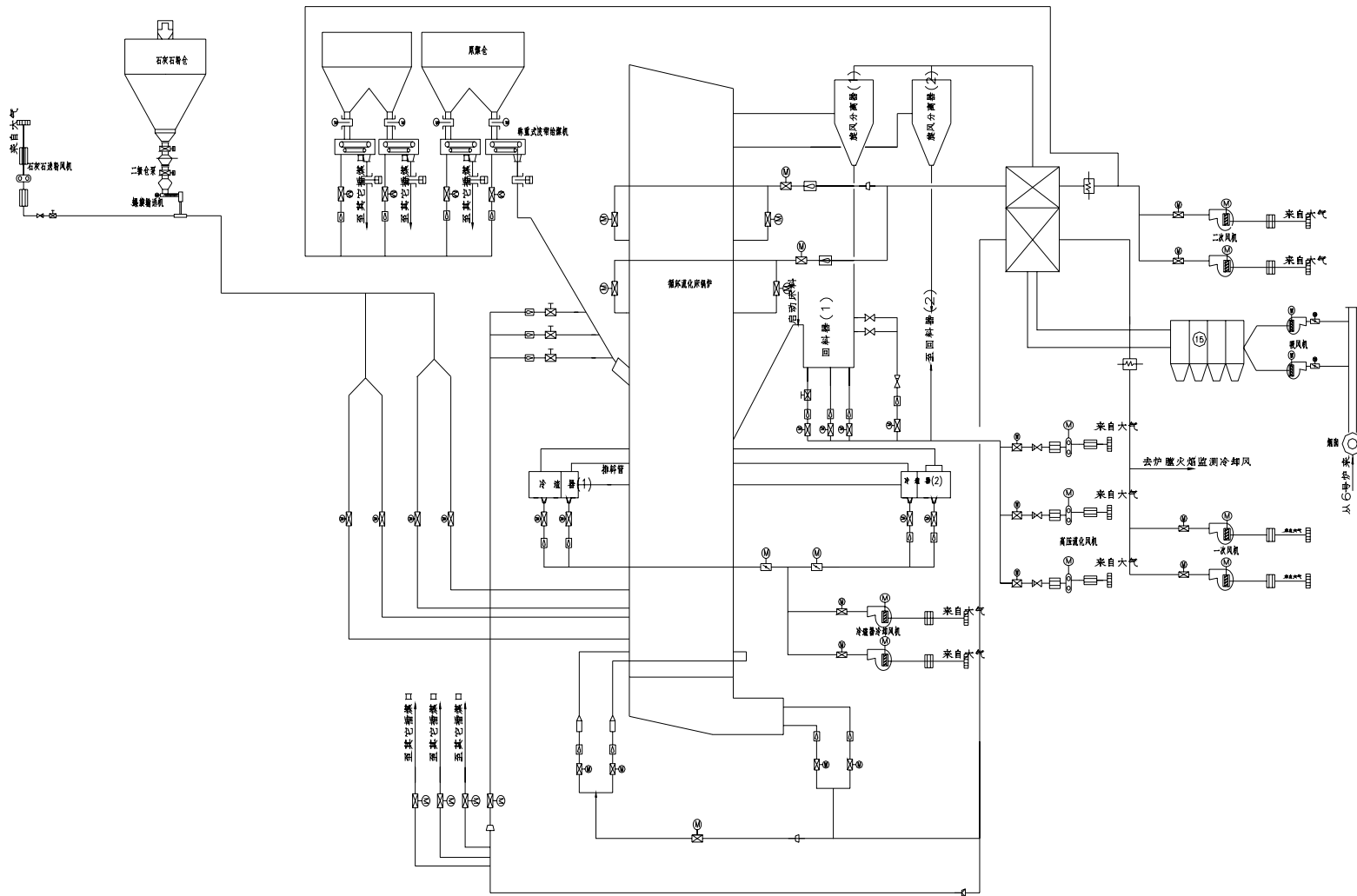
我院自 1998 年开始设计南屯三期 1X50MW 机组以来, 先后设计了南屯四期 1X50MW 机组、里彦电厂二期续建 2X150MW 供热机组、运河一期续建 2X135MW 机组、白杨河电厂 2X135MW 供热机组、华盛电厂一期 2X135MW 供热机组等近 20 台循环流化床锅炉的电厂。迄今为止, 南屯一期、南屯二期, 里彦二期续建、运河一期续建、白杨河电厂扩建、华盛一期工程均已运行 3 年以上。因此, 本文主要结合已运行的四个电厂(里彦、运河、白杨河、华盛)的应用实例来研究国产 135MW 等级的循环流化床锅炉系统配置、运行及改造情况, 为工程设计和运行提供依据和参考。

2. 上海锅炉厂循环流化床锅炉系统配置研究

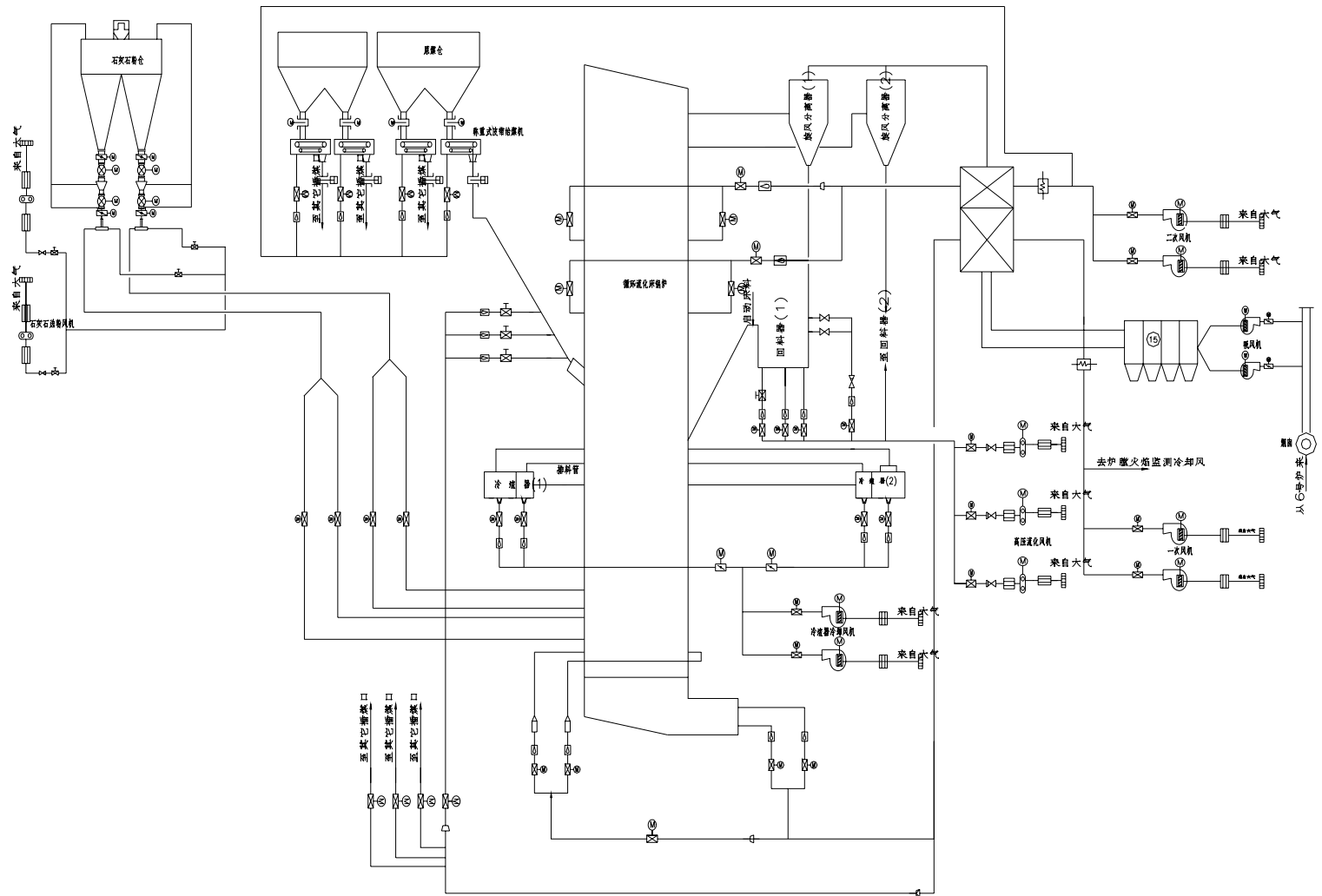
2.1 简介和基本数据

上海锅炉厂为里彦电厂二期续建工程、运河发电厂一期续建工程提供的锅炉采用美国 CE 公司技术，为单汽包自然循环、半露天布置循环流化床锅炉，高温旋风分离，高温回灰，全钢架支吊结构。

下图为上海锅炉厂生产的循环流化床锅炉的烟风、给料系统流程图。各设备选型参数及运行参数见表一：设备选型及运行参数对照表。



上海锅炉厂(里彦二期续建)——烟风， 给料系统流程图



上海锅炉厂(运河一期续建)——烟风,给料系统流程图

表一：设备选型及运行参数对照表（里彦电厂二期续建 2x150MW 机组工程、运河电厂一期续建 2x135MW 机组工程）

序号	设备名称		单位	里彦电厂二期续建工程	运河电厂一期续建工程	备注	
1	锅炉	生产厂家		上海锅炉厂	上海锅炉厂		
		型号		SG-465/13.7-M561	SG-440/13.7-M562		
		额定蒸发量	t/h	465	440		
		主汽压力	Mpa(g)	13.7	13.7		
		主汽温度	°C	540	540		
2	一次风机	型式		离心式，单吸、双支撑	离心式，单吸、双支撑		
		容量		2x50%	2x50%		
		型号/制造厂		L2N 2360.96.79 SBL6T /豪顿华	L2N .SBL6T /豪顿华		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	115527	115527	
			风机全压	Pa	17531	17531	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	150185.6	150185.6	
			风机全压	Pa	22790	22790	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.2 / 1.3	≥1.2 / 1.3	
			风机全压		≥1.2 / 1.3	≥1.2 / 1.3	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	360	415	
			流量	m ³ /h	177000	203026	
			风温	°C	231.8	240	
			入口风门开度	%	43/ 33（两台风机不同）	29/ 34（两台风机不同）	
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	123642	114552			
3	二次风机	型式		离心式，单吸、双支撑+液力偶合器	离心式，单吸、双支撑+液力偶合器		
		容量		2x50%	2x50%		
		型号/制造厂		L2N 2033.02.86 SBL6T /豪顿华	2378AB/900 /上鼓		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	81603	81944	
			风机全压	Pa	13077	13077	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	102004	102440	
			风机全压	Pa	18380	18380	

序号	设备名称		单位	里彦电厂二期续建工程	运河电厂一期续建工程	备注	
	规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.2 / 1.25	≥1.2 / 1.25		
		风机全压		≥1.3 / 1.4	≥1.3 / 1.4		
	实际运行参数	锅炉负荷	t/h	360	415		
		流量	m ³ /h	168000	134033		
		风温	°C	230	258		
	折算到 BMCR 工况	入口风门开度	%	液偶调节 50%	97.4/ 99.2 (风门) +液偶调节		
		流量	Nm ³ /h	117775	73060		
4	冷渣风机	型式		离心式	离心式		
		容量		2x100%	2x100%		
		型号/制造厂		L1 1284.10.96 SBL6T /豪顿华	L1.SBL6T /豪顿华		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	23672.5	23672.5	
			风机全压	Pa	37044	37044	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	30774.2	30774.2	
			风机全压	Pa	42600	42600	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		/ 1.3	/ 1.3	
			风机全压		/ 1.15	/ 1.15	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	360	415	
			流量	m ³ /h		37085	
			风温	°C		~60	
入口风门开度	%		100	65			
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h		32235			
5	高压流化风机	型式		离心式	罗茨风机		
		容量		3x50%	3x50%		
		型号/制造厂		GM25L-14 /沈鼓	GM150S /新加坡 AZON		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	5560	5560	
			风机全压	kPa	62.2	62.2	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	6950	6950	

序号	设备名称		单位	里彦电厂二期续建工程	运河电厂一期续建工程	备注	
		风机全压	kPa	62.2	62.2		
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		$\geq 1.2 / 1.25$	$\geq 1.2 / 1.25$	
			风机全压		$\geq 1.2 /$	$\geq 1.2 /$	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	360	415	
			流量	m ³ /h	6500	7740	
			风温	°C	81	~60	
			入口风门开度	%	~100	~100	
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	6475	6725			
6	引风机	型式		离心式+液力耦合器	离心式+液力耦合器		
		容量		2x50%	2x50%		
		型号/制造厂		1788B/1595 / 上鼓	1788B/1595 / 上鼓		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	259130	259130	
			风机全压	Pa	5826	5826	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	305358	305358	
			风机全压	Pa	7109	7109	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		$\geq 1.1 / 1.18$	$\geq 1.1 / 1.18$	
			风机全压		$\geq 1.2 / 1.22$	$\geq 1.2 / 1.22$	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h		415	
			流量	m ³ /h	风机容量偏少，空预器漏风率太大		
			烟温	°C	146	157/161	
入口风门开度	%		液力耦合器调节	风门全开，液偶调节			
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h					
7	给煤机	型式		电子计量式皮带给煤机	电子计量式皮带给煤机		
		型号/制造厂		GM-BSC25/沈阳华电	CS2024-HP/上海发电成套		
		容量(正常/能力)		4x25%/4x50%	4x25%/4x50%		
		给煤量	t/h	35	35		
		给煤距离	m	14.567, 14.578	14.567, 14.578		

序号	设备名称		单位	里彦电厂二期续建工程	运河电厂一期续建工程	备注	
		与地面夹角	°	9.74, 9.73	9.4		
		运行情况		运行良好	运行良好		
8	石灰石粉输送系统	供货商		上海大容	镇江纽普兰		
		系统描述		每台炉配置一个石灰石粉仓，一个出料口，串联两级连续式仓泵发送器，一台螺旋式给料机，一台石灰石粉喷射泵和一台 100%送粉风机，即单套系统。	每台炉配置一个石灰石粉仓，二个出料口，每个出口各串联两个旋转给料阀，二台 100%送粉风机，即双套系统。		
		石灰石粉输送量	t/h	3.6~9	0~4		
		气粉比	Kg/kg	1:3	1:3.5		
		输送风机参数	流量	m ³ /h	960	1296	
			扬程	Pa	50000	50000	
		实际运行情况			运行时间较短，就设备情况运行尚可。	试运行期间，投运正常，SO ₂ 排放浓度最低可达 180mg/m ³ ； 正常运行时，SO ₂ 排放浓度 300~400mg/m ³ ； SO ₂ 排放浓度与石灰石粉量有密切的关系。	

2.2 数据分析及结论

2.2.1 一次风机

从表一中的数据可看出：风机在 **BMCR** 工况的风量基本与实际运行情况一致，风量裕量系数可按照规程要求减小至 1.2；风机入口风门开度较小，仅在 30~45%之间，因此建议降低风机全压裕量系数，满足规程规定即可。

2.2.2 二次风机

从表一中的数据可看出：由于风机采用液偶调节，风机风量运行范围广，选型满足运行要求，在今后的设计中，安装液偶调节的风机入口调节挡板可取消。

2.2.3 引风机

表一中由于缺乏运行数据，无法从数据上分析，但里彦、运河电厂运行人员反映引风机出力偏小，主要原因是管式空预器的漏风率太大，达到了 9%，出现这种情况电厂应该进行检修，减少漏风率，使风机能在设计工况下运行。在今后的设计中，安装液偶调节的风机入口调节挡板可取消。

2.2.4 高压流化风机和冷渣器冷却风机

从表一中的数据可看出：风机在 **BMCR** 工况的风量基本与实际运行情况一致，风机入口风门开度合适，风机选型合适。

2.2.5 给煤系统设备

两个电厂均反映给煤机运行情况良好，由于煤粒细小，水份又大，导致落煤斗下部出口及落煤管有不同程度的堵煤现象，电厂通过将煤斗下部锥段改造成圆锥形，同时增设疏松机解决了堵煤现象。电厂建议在今后类似工程中，原煤斗的形状最好采用圆筒形，在设有空气炮的基础上可考虑再增设疏松机。

2.2.6 石灰石粉输送系统设备

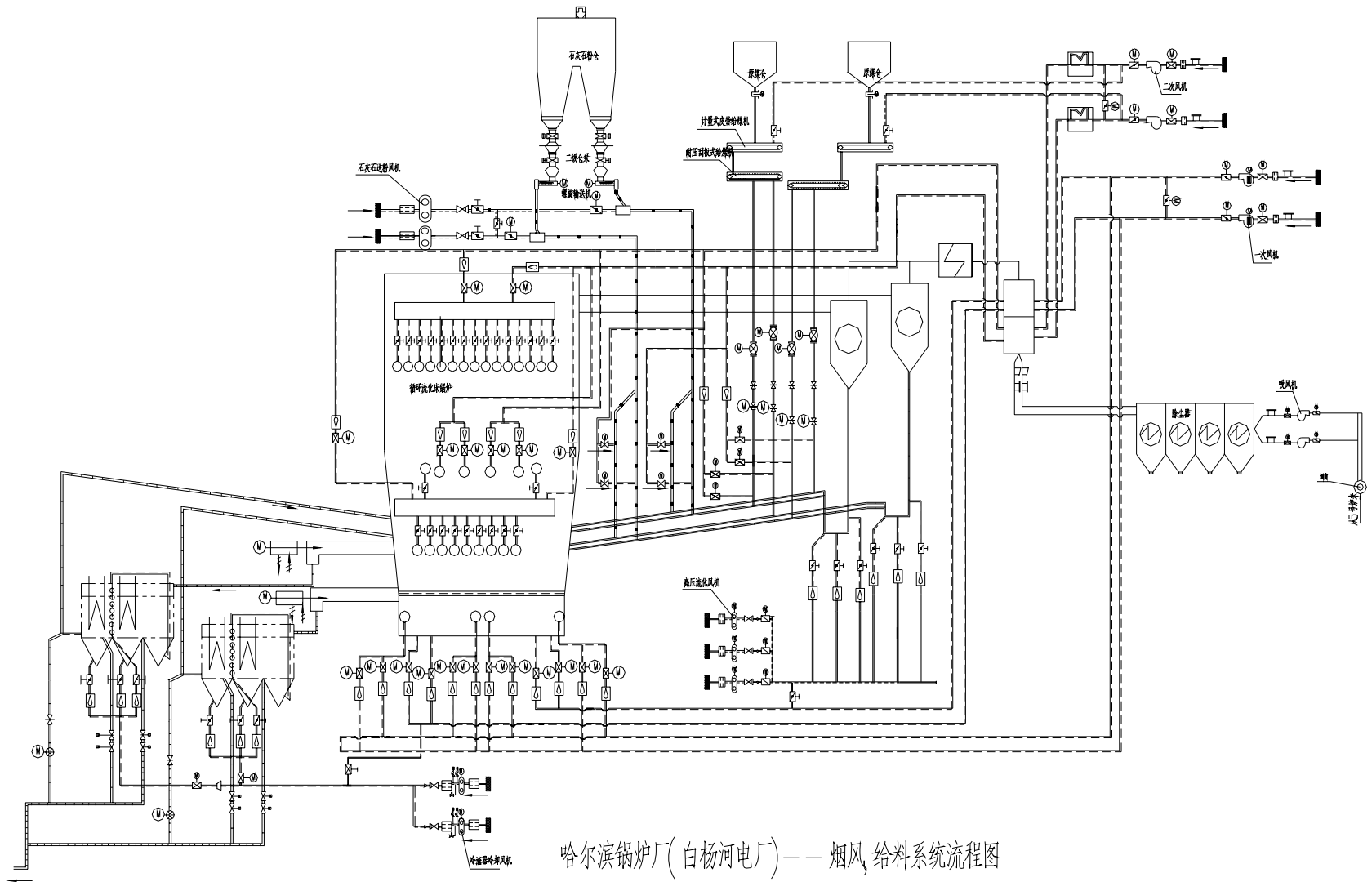
两个电厂均反映石灰石粉输送系统设备运行情况良好，只要输送石灰石粉量合适， SO_2 排放浓度可达到 $180\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足排放要求。石灰石粉仓有结块堵粉现象，在今后类似工程中，石灰石粉仓的形状最好采用圆筒形。

3. 哈尔滨锅炉厂循环流化床锅炉系统配置研究

3.1 简介和基本数据

哈尔滨锅炉厂为白杨河电厂提供的锅炉为单汽包自然循环、半露天布置循环流化床锅炉，平衡通风，一次中间再热，固态排渣，高温旋风分离，高温回灰，全钢架支吊结构。

下图为哈尔滨锅炉厂生产的循环流化床锅炉的烟风、给料系统流程图。各设备选型参数及运行参数见表二：设备选型及运行参数对照表。



表二：设备选型及运行参数对照表（白杨河电厂）

序号	设备名称		单位	白杨河电厂	备注	
1	锅炉	生产厂家		哈尔滨锅炉厂		
		型号		HG-465/13.7-L.PM		
		额定蒸发量	t/h	465		
		主汽压力	Mpa(g)	13.7		
		主汽温度	℃	540		
2	一次风机	型式		离心式		
		容量		2x50%		
		型号/制造厂		G5-29-14No25.5F /成都		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	111369	
			风机全压	Pa	19565	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	144780	
			风机全压	Pa	24481	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.2 / 1.3	
			风机全压		≥1.2 / 1.25	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	452.38	原风机选型过大，现已 将风机叶轮前盘由 Ø2550 改为Ø2450
			流量	m ³ /h	126400	
			风温	℃	45	
入口风门开度	%		46.3/55.6			
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	111530			
3	二次风机	型式		离心式		
		容量		2x50%		

序号	设备名称	单位	白杨河电厂	备注		
		型号/制造厂		RC25-29-14No.23F /成都		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	98200	
			风机全压	Pa	13595	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	122756	
			风机全压	Pa	19025	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.2 / 1.25	
			风机全压		≥1.3 / 1.4	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	456	原风机选型过大，现已 将风机叶轮前盘由 Ø2300 改为Ø2200
			流量	m ³ /h	131430	
			风温	℃	39	
			入口风门开度	%	38.7/35.3	
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	117270			
4	冷渣风机	型式		罗茨风机		
		容量		2x100%		
		型号/制造厂		RAS-J1648 /西安志高		
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	16705	
			风机全压	Pa	28350	
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	21717	
			风机全压	Pa	42525	
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		/ 1.3	
			风机全压		/ 1.5	
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h		由于冷渣器更换为滚筒 式冷渣器，该风机已拆 除。
			流量	m ³ /h		
风温	℃					
入口风门开度	%					
折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h				
5	高压流化风机	型式	罗茨风机			

序号	设备名称	单位	白杨河电厂	备注	
		容量		3x50%	
		型号/制造厂		SRB126/5P /豪顿华	
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	3564
			风机全压	kPa	42.6
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	4455
			风机全压	kPa	55.4
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.2 / 1.25
			风机全压		≥1.2 / 1.3
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	456
			流量	m ³ /h	2700
			风温	℃	
			入口风门开度	%	100
		折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	2565
6	引风机	型式		离心式+液力耦合器	
		容量		2x50%	
		型号/制造厂		Y4-60-11No27.5F / 成都	
		BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	263562
			风机全压	Pa	5158
		选型参数 TB	流量	Nm ³ /h	310706
			风机全压	Pa	6448
		规程规定裕量系数/ 选用裕量系数	流量		≥1.1 / 1.18
			风机全压		≥1.2 / 1.25
		实际运行参数	锅炉负荷	t/h	456
			流量	m ³ /h	
			烟温	℃	150
			入口风门开度	%	34

序号	设备名称		单位	白杨河电厂	备注
		折算到 BMCR 工况	流量	Nm ³ /h	
7	给煤机	型式			电子称重式皮带给煤机
		型号/制造厂			NJGC-1/徐州三原
		容量(正常/能力)			2x50%/2x100%
		给煤量		t/h	10~70
		给煤距离		m	26.57
		与地面夹角		°	11.5
		运行情况			运行情况良好
8	石灰石粉输送系统	供货商			上海大容
		系统描述			每台炉配置一个石灰石粉仓，二个出料口，串联两级连续式仓泵发送器，二台螺旋式给料机，二台石灰石粉喷射泵和二台 100%送粉风机，即双套系统。
		石灰石粉输送量		t/h	3~13
		气粉比		Kg/kg	
		输送风机参数	流量	m ³ /h	3132
			扬程	Pa	50400
		实际运行情况			运行情况良好，有时给料机有堵塞现象。

3.2 数据分析及结论

3.2.1 一次风机、二次风机

从表二中的数据可看出：改造后的风机在 **BMCR** 工况的风量基本与实际运行情况一致；风机入口风门开度略微偏小，因此建议适当降低风机的流量裕量系数和全压裕量系数，在今后的设计中，安装液偶调节的二次风机入口调节挡板可取消。

3.2.2 引风机

表二中由于缺乏运行数据，无法从数据上分析，但白杨河电厂运行人员反映引风机运行情况良好，选型合理，安装液偶调节的风机入口调节挡板可取消。

3.2.3 给煤系统设备

电厂反映给煤机运行情况良好，落煤斗下部出口及落煤管有不同程度的堵煤现象。电厂通过增设疏松机基本解决了堵煤现象。电厂建议在今后类似工程中，原煤斗的形状最好采用圆筒形，在设有空气炮的基础上可考虑再增设疏松机。

3.2.4 石灰石粉输送系统设备

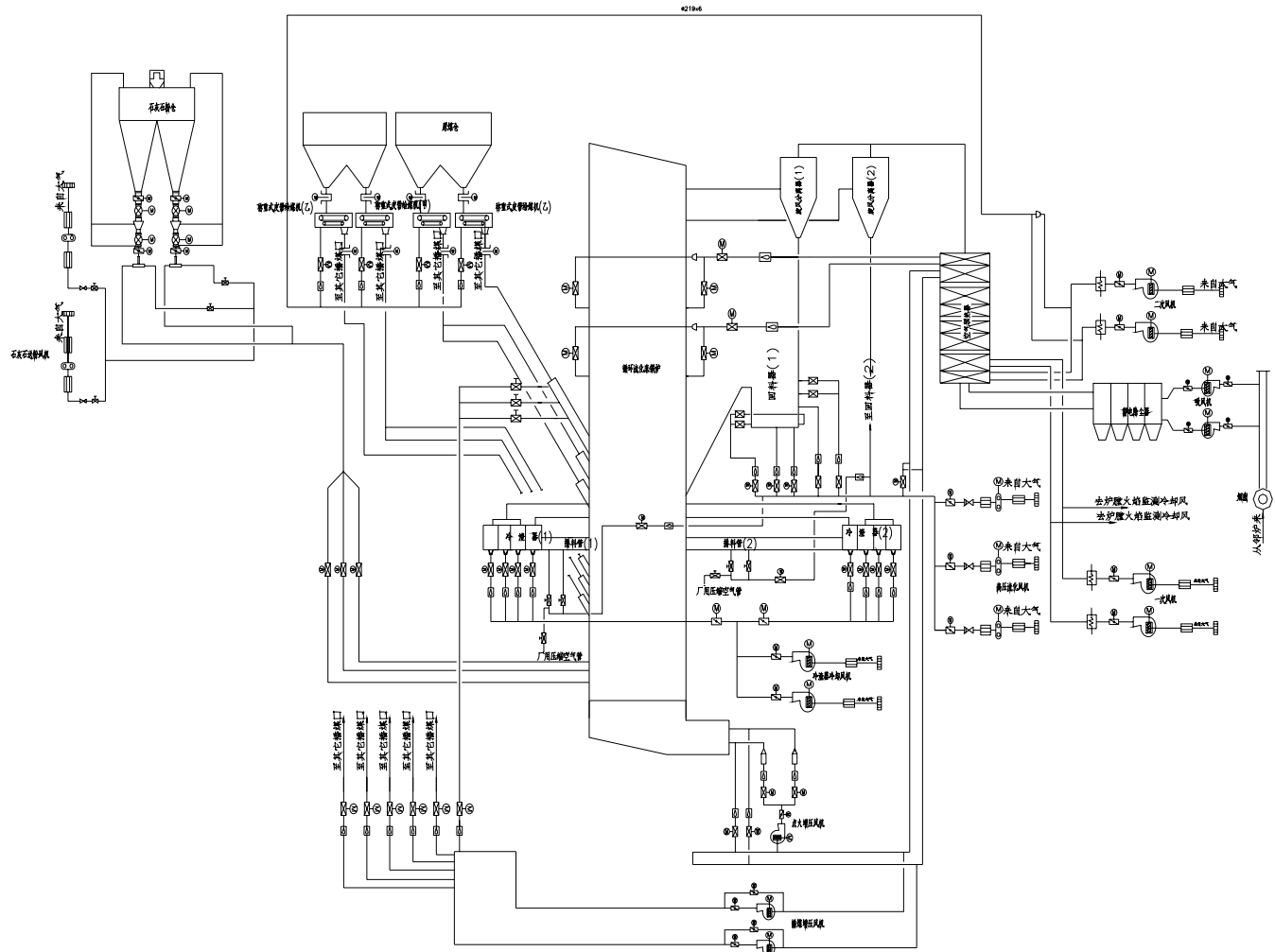
电厂反映石灰石粉输送系统设备运行情况良好，出力能满足系统需要，但有时给料机有堵塞现象。

4. 东方锅炉厂循环流化床锅炉系统配置研究

4.1 简介和基本数据

东方锅炉厂为华盛电厂提供的锅炉为单汽包自然循环、半露天布置循环流化床锅炉，平衡通风，一次中间再热，固态排渣，高温旋风分离，高温回灰，全钢架支吊结构。

下图为东方锅炉厂生产的循环流化床锅炉的烟风、给料系统流程图。



东方锅炉厂(华盛电厂)-----烟风, 给料系统流程图

4.2 数据分析及结论

由于未能得到华盛电厂的运行数据，无法从数据上进行分析，经向华盛电厂运行人员了解得知：锅炉各系统运行正常，设备选型合适，但在落煤管的转弯处发生堵煤现象，煤斗下部也发生不同程度的堵煤现象。电厂通过将煤斗下部锥段改造成圆锥形，同时增设疏松机解决了堵煤现象。电厂建议在今后类似工程中，原煤斗的形状最好采用圆筒形，在设有空气炮的基础上可考虑再增设疏松机。

5. 小结

综上所述，我院同步设计的三个锅炉厂的四个电厂循环流化床锅炉的烟风系统拟定正确，辅助设备选型配置合理，循环流化床锅炉电厂系统设计经受了电厂运行的考验，积累了循环流化床锅炉电厂设计的宝贵经验：

据各电厂运行人员反映，二次风和烟气的运行压力随锅炉负荷变化很大，因此二次风机和引风机采用液力耦合器调节是正确有效的，节约了厂用电，提高了电厂效率。但在各电厂的运行中也暴露出了设计中存在的不少问题，为了使类似工程锅炉系统和辅机的选择更加优化，更加完善，特提出以下方面的改进措施：

- 1) 一、二次风机的选型裕量系数要取值合理，避免设备选型过大造成浪费。
- 2) 装有液力耦合器的二次风机和引风机取消入口电动调节挡板，节约厂用电。
- 3) 原煤斗的形状采用圆筒形，加装空气炮和疏松机，避免堵煤。

作者简介：张桂英，高级工程师，电厂热机专业设计，山东电力工程咨询院，济南市闵子骞路 106 号，邮编：250013，Email:ZGY04033068@sina.com，电话：13583118810，0531-85182371

参考文献：

- 1) DL/T5054-1996《火力发电厂汽水管道设计技术规定》[S]
- 2) DL5000-2000《火力发电厂设计技术规程》[S]