

超临界 350 MW 机组四大管道管材及规格优化

相红阳

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川成都 610016)

摘要:针对近期新疆超临界 350 MW 国产机组工程的实际情况,利用国内超临界 600 MW 等级机组的成熟设计经验,对该工程四大管道的设计规范、材料选择、管径规格的优化计算进行探讨,并对比 ASME2004 和 2007 管材规范对管径计算的影响。

关键词:超临界;四大管道;管材;壁厚计算;管道规格

中图分类号:TK172.4

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2014)S2-108-07

1 概述

1.1 电厂概况

宁夏宝塔石化集团、海航集团等共同出资成立的新疆奎山宝塔石化有限公司,计划在新疆奎屯—独山子经济技术开发区投资建设 800 万 t/a 重油制烯烃芳烃(炼化项目)、600 万 t/a 冶金喷吹料(半焦项目)、2×350 MW 热电联产三项目,采用油、煤、化、电、热一体化工艺,建成低碳技术的循环经济示范工程,实现优势互补,提高综合效益。

2×350 MW 热电联产新建工程在满足循环经济项目自身热负荷及电力需求的同时,还可向开发区提供采暖供热,并将多余电量输送至新疆电网,改善新疆电源结构,提高新疆电网运行的安全性,实现资源的优化配置。

1.2 工程建设规模及建设模式

本期工程建设容量为 2×350 MW 燃煤超临界抽凝式直接空冷供热机组,同步建设烟气脱硫脱硝装置+1×75 t/h 中温中压链条炉,并预留扩建条件。工程由上海电气集团采用总承包方式建设。

1.3 主机情况

1.3.1 锅炉

制造厂:上海锅炉厂有限公司

型号:SG-1163/25.4-M 型

型式:超临界参数、一次中间再热、单炉膛平衡通风、固态排渣、紧身封闭布置、全钢构架的 II 型直流炉

空气预热器:三分仓容克式

燃烧方式:四角切圆

点火方式:高能电火花—轻油—煤粉/微油点火

油枪雾化方式:机械雾化

汽温调节方式:过热器采用煤水比+喷水减温调节

再热器采用燃烧器摆动调节

最低稳燃负荷:30%B-MCR

锅炉主要性能数据见表 1。

表 1 锅炉主要性能数据

项 目	单 位	数 值
型 号		SG-1163/25.4-M
最大连续蒸发量	t/h	1163
过热蒸汽额定压力	MPa(g)	25.4
过热蒸汽温度	℃	571
额定再热蒸汽流量	t/h	991
再热蒸汽温度:	℃	569
额定再热蒸汽进口压力	MPa(g)	4.928
额定再热蒸汽出口压力	MPa(g)	4.738
额定再热蒸汽进口温度	℃	330
额定给水温度:	℃	287
额定排烟	℃	128(修正后)
锅炉保证效率	%	93.5
空气预热器		回转式三分仓
空预器进/出口一次风温	℃	27/343
空预器进/出口二次风温	℃	23/333
燃烧方式		四角切圆
运行方式		带基本负荷并参与调峰
锅炉出口 NO _x 排放浓度	mg/Nm ³	≤300

1.3.2 汽轮机

制造厂:上海电气电站设备有限公司汽轮机厂

型号:CC350/228-24.2/1.3/0.4/566/566

收稿日期:2014-10-10

作者简介:相红阳(1981-),男,学士,主要从事发电厂热机专业设计工作。

型式:超临界一次中间再热、单轴、三缸两排汽、
双抽供热汽轮机

回热抽汽级数:7级(3级高加+1级除氧+3级低加)

额定转速:3 000 r/min

汽轮机主要设计参数见表 2。

旋转方向:顺时针(从汽机向发电机看)

表 2 汽轮机主要设计参数

项 目	单 位	THA	TRL	TMCR	VWO	工业抽汽	额定双抽	最大双抽
		工况						
机组出力	kW	350 000	350 000	370 629	386 153	329 078	316 884	300 670
汽轮发电机 组热耗值	kJ/kWh	7 898.6	8 261.5	7 886.4	7 874.3	7 130.0	6 728.8	6 207.2
主蒸汽压力	MPa(a)	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
再热蒸汽压力	MPa(a)	4.156	4.391	4.421	4.622	4.255	4.255	4.255
高压缸排汽压力	MPa(a)	4.617 7	4.879 3	4.912 1	5.135 5	4.727 7	4.727 7	4.727 7
主蒸汽温度	℃	566	566	566	566	566	566	566
再热蒸汽温度	℃	566	566	566	566	566	566	566
高压缸排汽温度	℃	321	326.3	327.2	331.8	322.4	322.4	322.4
主蒸汽流量	kg/h	1 034 976	1 107 875	1 107 875	1 163 269	1 107 875	1 107 875	1 107 875
再热蒸汽流量	kg/h	888 474	942 279	947 091	991 274	932 005	932 005	932 005
背压	kPa	13.5	32	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
低压缸排汽焓	kJ/kg	2 460.5	2 556.1	2 453.7	2 449.5	2 466.0	2 478.2	2 506.5
低压缸排汽流量	kg/h	675 570	728 482	715 174	744 772	523 658	458 459	375 863
补给水率	%	0	3	0	0	0	0	0
给水温度	℃	280.6	284.6	284.9	288.1	283.4	283.4	283.4

1.3.3 发电机

制造厂:上海发电机厂

型号:QFS2-350-2

型式:三相两极同步发电机,采用双水内冷冷却方式。

额定功率:350 MW

额定容量:412 MVA

额定电压:20 kV

额定频率:50 Hz

额定转速:3 000 r/min

相数:3

额定功率因素:0.85(滞后)

额定电流:11 887 A

励磁方式:自并励静止励磁主要参数数据(见表

3)。

表 3 自并励静止励磁主要参数

项 目	单 位	上海电气电站设备有限公司上海发电机厂
型号		QFS2-350-2
额定容量	MVA	412
额定功率	MW	350
最大连续功率	MW	370.6
额定电压	kV	20
额定电流	kA	11.887
额定转速	r/min	3000
额定频率	Hz	50
额定功率因数		0.85(滞后)
额定效率	%	98.95
相数		3
极数		2
冷却方式为		水、水、空
励磁方式		静态励磁
定子绕组连接方式		YY

2 四大管道材料选择

2.1 材料和规格选择的前提

超临界 600 MW 等级机组的在国内已经有了多台机组成功运行经验,四大管道所应用的材料也是比较成熟的。中国电力顾问集团公司于 2008 年 10 月 20 日下发了《关于印发火力发电厂超(超)临界机组四大管道设计专题研讨会纪要的通知》(以下简称《超(超)临界四大管道设计专题研讨会纪要》),此通知已对超临界 600 MW 机组的四大管道规格和材料做了详细的规定。所以,本工程超临界 350 MW 的四大管道材料也是可以参考和借鉴的。

本专题将重点论述采用的四大管道的规格、参数、管径选择计算及优化结论。

2.2 国内超临界机组四大管道的材质选用情况

技术发展至今,国产引进型机组已经是优化机组,四大管道的钢管材料已经出现成熟钢种,如美国的 A335P91、A335P92,德国的 X10CrMoVNb91、15NiCuMoNb5-6-4 钢等,这些都要求重新进行主要

汽水管道的优化工作。

超临界机组进入国内初期,按《管规》要求和同类电厂设计运行经验,主汽管道材料一般采用美国 ASTM A335P91,流速控制在 45~60 m/s;热段管道材料通常采用美国 ASTM A335P22,流速控制在 65 m/s;冷段由于口径过大,无缝钢管已经难以选到,只能采用许用应力修正系数为 1 的电熔焊焊接钢管,材料 ASTM A672B70CL32,流速一般控制在 30~35 m/s 左右;而给水管道材质则采用美国管材 A106B 或者德国管材 15NiCuMoNb5-6-4 钢,流速可以提高到 6 m/s 左右。

近几年来,在超临界参数及以上范围内,主蒸汽管道国内从试用到广泛采用 T91/P91(美国的 A335P91,德国的 X10CrMoVNb91)材料,已经形成成功的经验;同时,多数电厂在热段管道上则采用 A335P91 的材料,给水管道采用 15NiCuMoNb5-6-4。

现将国内近期设计的 600、350 MW 等级超临界机组电厂四大管道选择采用材料列于表 4。

表 4 超临界工程管材采用情况表

序号	厂名	容量	主汽	热段	冷段	给水
1	沁北	2(600MW)	A335P91	A335P91	A672B70CL32	15NiCuMoNb5-6-4
2	江苏利港	4(600MW)	A335P91	A335P91	A672B70CL32	15NiCuMoNb5-6-4
3	宁夏临河	2(350MW)	A335P91	A335P91	A672B70CL32	15NiCuMoNb5-6-4
4	重庆大唐	2(350MW)	A335P91	A335P91	A672B70CL32	15NiCuMoNb5-6-4

可见,超临界机组电厂中主汽、热段采用 A335P91 管材,冷段 ASTM A672B70CL32 管材,给水管道采用 15NiCuMoNb5-6-4 管材已成主流,同时也完全符合上述电规院《超(超)临界四大管道设计专题研讨会纪要》要求。

2.3 四大管道选材合理性

2.3.1 主汽和再热热段

由于本工程主汽和再热热段拟用 A335P91 的材质,符合 ASTM 标准的化学成份(见表 5)。

表 5 A335P91

材料	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Nb	Al	N	W	B
P91/F91	0.08	0.20	0.30	max	max	8.0	0.85	max.	0.18	0.06	max.	0.030		
	0.12	0.50	0.60	0.020	0.010	9.5	1.05	0.40	0.25	0.10	0.040	0.070		

%

1)P91 的金相组织和物理性能。

T91/P91 钢在正火后,经过 730~780℃ 回火。

金相图呈典型的马氏体骨架结构,在导致 M23C6 铬碳化物沉淀在马氏体骨架的边缘,此外还形成 MX 形的 V/Nb 碳氮渗化物。在较粗的 M23C6 碳化物及内部较细的沉淀转换成细箔之后,会发现次微粒

内较大的错位密度。对于这种钢具有高移位密度的细次晶粒结构是高蠕变强度的决定因素。

电站设计和运行最关心的是物理性能和力学性能,物理性能主要有:室温力学性能(见表 6)。

表 6 T91/P91 钢材室温力学性能表

标准	牌号	屈服极限/ MPa	抗拉强度/ MPa	断面延伸率/ %	最大硬度/ HB	
ASME A335、 213、200	P91	最小 最大	415	585	20	250(A213) 218(A200)

2)T91/P91 钢的冲击韧性。

T91/P91 具有相当高的抗拉强度和细微晶粒结构,比 X20 显示较佳的过渡温度和吸收能量,它的冲击韧性和脆性转变温度的高低均明显的优于同类的 X20 和 EM12 钢。

3)T91/P91 钢的高温蠕变持久强度。

根据美、德、法等国家研究机构的大量试验数据表明,T91/P91 钢的持久强度比较高,根据曼内斯曼厂的 435R,1993 年 3 月公布的数字,见表 7。

表 7 T91/P91 钢材 10 万小时的持久强度表

温度/°C	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630
T91/P91 持久强度	317	295	274	253	234	215	197	179	162	145	130	115	102	90	78	68	58

4)T91/P91 钢材的许用应力。

美国 ASME B31.1-2007 附录 A 中列出的

A335P91 管材的许用应力(见表 8)。

表 8 T91/P91 钢材许用应力表

°C	371	399	426	455	482	510	537	565	593	620	650
°W	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200
MPa	157.9	153.1	146.9	140	131.7	122.7	112.4	96.5	71	48.3	30

此外,A335P91 的可焊性、机械加工性能和热处理性能都十分良好。

由于本工程的主蒸汽设计温度为 576°C,热段的设计温度为 574°C 按照电力行业标准,《火力发电厂金属材料选用导则 DL/T715-2000》的要求,A335P22 的最高推荐使用温度为 570 °C,不能用于

主汽和热段管道。且 A335P91 对应的管件生产也将变得容易些,支吊架的钢材耗量和土建的支撑结构也将随之减少。故而推荐采用 A335P91,主蒸汽、热段管道采用 A335P91 是合理的。

2.3.2 冷段管道

从技术方面来讲,对于本工程的冷段管道而言,

采用 A106B/C 和 A672B70CL32 管材都是可以的,而且 A106B/C 无缝钢管比电熔焊接管子性能上更好一些,但是从管道造价方面分析,因冷段的设计参数导致大口径的 A106B/C 无缝钢管比 A672B70CL32 电熔焊管成本高许多,经济性较差。故而本工程采用冷段管道 A672B70CL32 电熔焊管。

2.3.3 给水管道

目前国内外高压给水管道普遍采用的 EN10216

-2 标准的 15NiCuMoNb5-6-4 无缝钢管。由于德国管材 15NiCuMoNb5-6-4 各项性能均优良,在设计温度 430(C 以下使用,是最佳选择。只要在施焊过程中严格控制焊接工艺,避免出现脱铜现象,则其实用性能是十分良好的。由表 9 的许用应力对比即可看出其节省钢材的优势。

表 9 常用高压给水管道管材许用应力比较表

设计温度/°C	250	300	350	400
15NiCuMoNb5-6-4/MPa	203.3	203.3	203.3	203.3
St45.8/III/MPa	116	103	90	85
20G/MPa	125	113	100	87
A106C/MPa	120.7	120.7	118.45	100.7

根据汽水承压管道壁厚计算公式可以定性地认为,管壁厚度和许用应力成反比。由上表可以明显看到,在 <400(C 的条件下,15NiCuMoNb5-6-4 的许用应力是最高的,在设计温度为 350(C 的条件下比采用 St45.8/III 和 A106C 将节省约一半以上和近三分之一的钢材。故而本工程高压给水管道推荐 15NiCuMoNb5-6-4。

3 四大管道规格及优化

3.1 四大管道设计参数

锅炉 B-MCR(对应汽机 VWO)工况四大管道的工作参数见表 10。

表 10 四大管道工作参数

a) 主蒸汽管道

流量/(t·h ⁻¹)	压力/MPa(a)	温度/°C	备注
1163	25.5	571	B-MCR

b) 热段管道

流量/(t·h ⁻¹)	压力/MPa(a)	温度/°C	备注
992	4.981	569	B-MCR

c) 冷段管道:

流量/(t·h ⁻¹)	压力/MPa(a)	温度/°C	备注
992	5.1355	331.8	T-VWO

d) 给水管道

流量/(t·h ⁻¹)	压力/MPa(a)	温度/°C	备注
1163	~31.1	288.1	T-VWO

根据上述工况和规范规定的安全考虑,按照《火力发电厂汽水管道应力计算技术规程 DL/T 5366—2006》和电规院《超(超)临界四大管道设计专题研讨会纪要》确定本工程四大管道设计参数如表 11。

表 11 设计参数表

管道	设计流量/(t·h ⁻¹)	设计压力/MPa	设计温度/°C
主汽	1163	25.4	576
热段	992	5.81	574
冷段	992	5.81	351.5
给水(关断阀后)	1163	34	288.1
给水(关断阀前)	581.5	37	205.9

3.2 管径的选择计算

依据《火力发电厂汽水管道设计技术规定 DL/T 5054—1996》,管道流速按以下数值选取。

- 主汽管道:40~60 m/s;
- 热段管道:50~65 m/s;
- 冷段管道:30~35 m/s;
- 高压给水管道:2~6 m/s。

根据管道设计参数和推荐流速范围,同时 P91 内径管采用美国 WYMAN-GORDON 公司的产品规格,A672B70CL32 外径管采用 ASME B3610 无缝钢管和焊接钢管标准规格系列,15NiCuMoNb5-6-4 外径管采用德国产无缝钢管标准 DIN2448 规格系列,在满足流速和规格的前提下,进行管径的优化计算,核算四大管道压降是否满足规范要求。计算结果见表 12。

表 12 四大管道管径计算表

序号	名称	计算压力/ MPa	计算温度/ ℃	计算流量/ (t·h ⁻¹)	管道规格/ mm	设计流速/ (m·s ⁻¹)	管道材料
1	主蒸汽管道	25.4	576	1163	Di330×57	51.78	A335P91
2	主蒸汽支管	25.4	576	581.5	Di235×41	51.06	A335P91
3	高温再热主管	5.81	574	991.27	Di699×26	58.54	A335P91
4	高温再热支管	5.81	574	495.64	Di489×20	59.81	A335P91
5	低温再热主管	5.81	351.5	991.27	Φ762×22.23	32.82	A672B70CL32
6	低温再热支管	5.81	351.5	495.64	Φ508×14.27	36.76	A672B70CL32
7	高压给水管	34	288.1	1163	Φ406.4×40	5.01	15NiCuMoNb5-6-4
8	高压给水支管	37	205.9	581.63	Φ273×30	5.12	15NiCuMoNb5-6-4

根据现阶段管道系统和布置经初步计算,本工程的主要管道压降见表 13。

表 13 压降计算结果

编号	管道	相关规范规定/MPa	计算压损/MPa
1	主汽	不超过汽机进口额定压力的 5% 即 <1.21 MPa	1.20
2	热段	再热系统压降按不超过高压缸排 汽压力 8%,扣除锅炉再热器 0.19 MPa,再热管道压降应<0.223	0.121
3	冷段	MPa	0.095 4
4	给水		1.67

可见,上述管道规格符合《管规》和《大火规》的规定。

3.3 管道壁厚计算中应注意的几个问题

3.3.1 管材许用应力规范

现行《火力发电厂汽水管道应力计算技术规程 DL/T 5366—2006》附表中美国管材取用 ASME B31.1—2004 附录 A 的许用应力值,而电规院《超(超)临界四大管道设计专题研讨会纪要》P91,

A672B70CL32 取用 ASME B31.1—2007 附录 A 的许用应力值,表 14 为 P91 在两个规范中的许用应力值,两者因取值不同会对壁厚计算和选取带来较大差异,本工程主汽主管若按应规 2004 计算选择管径为 Di330×60 而按 ASME B31.1—2007 计算则为 Di330×57,经总包方确认,本工程按新版规范执行。在其它工程设计中建议应根据管材的实际采购来源等综合确定所采用规范。

表 14 P91 材料 ASME B31.1—2004 与 2007 许用应力值对比表

℃	371	399	426	455	482	510	537	565	593	620	650
ASME2004/MPa	177.9	133.8	128.9	122.7	115.1	106.9	98.6	88.9	71	48.3	30
ASME2007/MPa	157.9	153.1	146.9	140	131.7	122.7	112.4	96.5	71	48.3	30

3.3.2 内径控制无缝钢管(主汽、热段)壁厚计算

a) 按管规计算最小计算壁厚 S_m

b) 考虑焊接对口要求计算取用最小壁厚 S_n

$$S_n = S_m + 0.5 \times (\text{内径正偏差 } di + 0.25)$$

注:式中内径正偏差按美国 WYMAN - GORDON 公司的产品公差范围如下:

- $D_i \geq 762\text{mm}$, 内径正偏差 d_i 取 4.75mm
- $762\text{mm} > D_i \geq 558.3\text{ mm}$, 内径正偏差 d_i 取 3.96mm
- $558.3\text{mm} > D_i \geq 304.8\text{mm}$, 内径正偏差 d_i 取 3.18mm
- $D_i < 304.8\text{mm}$, 内径正偏差 d_i 取 2.36mm

c) 根据内径管规格系列向上靠档选取实际取用壁厚

3.3.3 电熔焊管(冷段)

考虑对口和管道刚度要求,壁厚可适当加大,增加值按电规院《超(超)临界四大管道设计专题研讨

会纪要》约为外径的 0.5%。

3.3.4 外径无缝管(给水)

为满足焊接对口要求,实际取用壁厚在取用最小壁厚的基础上加 2.5 mm 左右后靠标准壁厚系列选取。在计算中应特别注意欧洲标准 EN10216-2:2002 对壁厚的极限偏差规定中当外径 $D > 355.6\text{ mm}$,且壁厚 $T/D > 0.1$ 时,壁厚偏差应在±10%的基础上提高 5%。

4 结 语

本工程超临界 350 MW 机组四大管道进行材质优选、管道规格及压降优化等工作后,得出如表 15 所示优化结论。

表 15 本工程四大管道选用规格表

编号	管道	材料	管径/mm	壁厚/mm	备注
1	主汽主管	A335P91	(330)	(57)	内径管
2	主汽支管	A335P91	(235)	(41)	内径管
3	热段主管	A335P91	(699)	(26)	内径管
4	热段支管	A335P91	(489)	(20)	内径管
5	冷段主管	A672B70CL32	762	22.23	外径管
6	冷段支管	A672B70CL32	508	14.27	外径管
7	高压给水主管	15NiCuMoNb5-6-4	406.4	40	外径管
8	高压给水支管	15NiCuMoNb5-6-4	273	30	外径管

注:对于内径管,管径和壁厚外加圆括号,管径表示为最小内径,壁厚为最小壁厚;对于外径管,管径和壁厚不加括号,管径表示为公称外径,壁厚为公称壁厚。

参考文献:

- [1] 中国 电力工程顾问集团. 电规电发[2008]1033 号. 关于印发火力发电厂超(超)临界机组四大管道设计专题研讨会会议纪要的通知. 2008 年 10 月 20 日.
- [2] DL/T5054—1996 火力发电厂汽水管道设计技术规定.

- [3] DL/T5366—2006 火力发电厂汽水管应力计算技术规程.
- [4] Power Piping. ASME B31.1

(编辑 王秀玲)

新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产工程 辅助蒸汽系统浅析

相红阳

(四川电力设计咨询有限责任公司,四川成都 610016)

摘要:严寒地区 350 MW 超临界机组辅助蒸汽系除了供汽机、锅炉相关设备用汽外,还需要为暖通、化学等专业提供辅助蒸汽。由于各设备用汽参数不尽相同,用汽量大小也差别很大,因此造成整个辅汽系统来汽起源以及供汽分支较多,如果是多台机组工程,还需要考虑机组之间的联络母管,整个系统相当复杂。针对新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产工程,对辅助蒸汽系统设置做一个具体的分析。

关键词:严寒;超临界机组;参数;辅助蒸汽

中图分类号:TK172.4

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2014)S2-115-04

我院从 2011 年 4 月开始新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产工程设计,至 2014 年 8 月基本完成施工图设计。该项目位于新疆严寒地区,辅助蒸汽除供机组启动用汽外,还需要为主厂房采暖、生水加热等用汽点提供辅助蒸汽。辅汽用汽点较多,参数变化较大,因此系统比较复杂。传统设计中,辅助蒸汽系统大多只设置了一个辅汽联箱,不同汽源接入辅汽联箱,再分配至不同的用汽点,其中根据需要设置减温减压装置。而本工程则根据用汽参数的不同,分别设置了高压及低压两个辅汽系统,分别对不同用汽点供汽。这种系统设置方式,对繁多的用汽点根据参数进行了区分,来汽汽源也分成高、低压两种,互不干涉。使得系统更为清晰明了。

1 工程概况

新疆奎山宝塔 2×350 MW 热电联产工程项目位于新疆奎屯—独山子石化工业园,距乌鲁木齐 250 km。该电厂作为工业园区循环经济项目的自备电厂,在满足园区其他项目的供热及电力需求的同时,向开发区供热并向电网送电,改善新疆电源结构,提高新疆电网运行的安全稳定性,实现资源的优化配置。

电厂处于严寒地区,其气象条件较为恶劣,具体数据见表 1。

表 1

项目	单位	数值	发生日期
平均气压	hPa	966.8	
平均气温	℃	7.9	
平均最高气温	℃	14.0	
平均最低气温	℃	2.8	
最热月平均气温	℃	26.3	
最冷月平均气温	℃	-15.3	

收稿日期:2014-10-10

作者简介:相红阳(1981-),男,学士,主要从事发电厂热机专业设计工作。

续表 1

极端最高气温	℃	41.8	1965.07.24
极端最低气温	℃	-36.4	1966.12.20
最大日温差	℃	27.5	1993.01.18
平均水汽压	hPa	8.4	
平均相对湿度	%	65	
最小相对湿度	%	2	
年平均降水量	mm	185.9	
最大年降雨量	mm	322.4	
最小年降雨量	mm	95.6	
一日最大降水量	mm	40.6	2010.02.23
年平均蒸发量	mm	1814.7	
平均风速	m/s	1.3	
最大风速	m/s	20(定时 2 min)	
最大积雪深度	cm	56	2010.02.23
最大冻土深度	cm	145	1964
日照时数	h	2451.0	
平均雷暴日数	d	16	
最多雷暴日数	d	26	
平均沙暴日数	d	3.7	
平均大风日数	d	6.6~13	
年最多冻融循环次数	times	24	
基本风压	kN/m ²	0.60	
基本雪压	kN/m ²	0.55	
海拔	m	600	

2 主机参数

2.1 锅炉

制造厂:上海锅炉厂有限公司

型号:SG-1163/25.4-M

型式:超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉,一次再热、平衡通风、紧身封闭、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构 II 型锅炉。

燃烧方式:四角切圆燃烧

空气预热器型式:回转式三分仓

点火方式:微油点火

油枪雾化方式:机械雾化

2.2 汽轮机

制造厂:上海电气电站设备有限公司汽轮机厂

型号:CC350/228-24.2/1.3/0.4/566/566

型式:超临界、一次中间再热、单轴、三缸两排汽、双抽、直接空冷凝汽式汽轮机

额定转速:3 000 r/min

旋转方向:顺时针

回热抽汽级数:7 级(3 级高加+1 级除氧+3 级低加)

2.3 发电机

制造厂:上海发电机厂

型号:QFS2-350-2

型式:三相两极同步发电机,采用双水内冷冷却方式。

额定功率:350 MW

额定容量:412 MVA

额定电压:20 kV

额定频率:50 Hz

额定转速:3 000 r/min

相数:3

额定功率因素:0.85(滞后)

额定电流:11 887 A

励磁方式:自并励静止励磁

3 辅助蒸汽系统

3.1 辅助蒸汽系统拟定

本工程辅助蒸汽主要为以下用汽点供汽:

- 1) 除氧器加热用汽
- 2) 锅炉暖风器用汽(一、二次风暖风器;冷炉点火暖风器)
- 3) 汽机轴封用汽

- 4) 磨煤机防爆用汽
 - 5) 主厂房采暖用汽
 - 6) 生水加热用汽
 - 7) 锅炉吹灰用汽
 - 8) 空预器吹灰用汽
 - 9) 脱硝用汽
 - 10) 燃油吹扫及伴热用汽
- 用汽参数及运行方式见表 2。

表 2

序号	用汽点	压力/MPa	温度/℃	流量/(t·h ⁻¹)	备注
1	除氧器加热	0.12	105	20	启动
2	一次风暖风器	0.3~1.6	250~420	8	正常运行
3	二次风暖风器	0.3~1.6	250~420	18.8	正常运行
4	冷炉点火暖风器	1.3	300~420	8.8	启动
5	汽机轴封	0.4~2	200~350	9.7	启动
6	磨煤机防爆	0.3~0.5	150~250	4~6	事故
7	主厂房采暖	0.4~0.6	250~300	25	正常运行、冬季
8	生水加热	1.6	400	20	正常运行、冬季
9	锅炉吹灰	0.8~1.0	250~270	5	启动
10	空预器吹灰	1.0~1.37	350	11	启动
10	脱硝	1.0~2.0	400	9.9	正常运行
11	燃油吹扫及伴热	1.6	250	5	正常运行

从表 2 中可以看出,辅助蒸汽用户大致可分为两类:(1)蒸汽压力 1.0~1.6 MPa,温度 300~400℃;(2)蒸汽压力 0.3~1.0 MPa,温度 150~300℃。如果按一般辅助蒸汽系统考虑,设置一路高压辅助蒸汽,从四段抽汽供汽,那么一是抽汽量大,该级抽汽有可能不能提供足够蒸汽;二是用高参数蒸汽对低参数蒸汽用汽点供汽,造成蒸汽品质浪费,经济性降低。

综上所述,按用汽点蒸汽参数的不同,本工程考虑设置高、低压两路不同参数的辅助蒸汽,正常运行分别由四段抽汽和五段抽汽供汽。两路抽汽参数如下:

四段抽汽:压力 1.63 MPa(a),温度 408℃

五段抽汽:压力 0.654 MPa(a),温度 294℃

用汽点也相应分为高、低压两部分,具体区分如下:

高压部分:

- 1) 除氧器加热用汽
- 2) 锅炉冷炉点火暖风器
- 3) 汽机轴封用汽
- 4) 生水加热用汽
- 5) 锅炉吹灰用汽
- 6) 空预器吹灰用汽
- 7) 脱硝用汽
- 8) 燃油吹扫及伴热用汽

低压部分:

- 1) 锅炉一、二次风暖风器
- 2) 磨煤机防爆用汽
- 3) 主厂房采暖用汽

由此,我们可以初步拟定处辅助蒸汽系统图,见图 1。

从图 1 中可以看出,辅助蒸汽系统设置了两台辅汽联箱,分别对高压和低压部分用汽点供汽。而来汽起源在正常运行时分别由四段抽汽和五段抽汽供汽;启动及低负荷时,由启动锅炉和再热冷段分别供汽,接入点在高压辅汽联箱。高、低压辅汽联箱之间设置有减温减压器,主要是考虑在启动及低负荷期间,五抽参数不够,不能投入时,可从高压辅汽进行补充。

由于本工程为两台机组,因此在两台机组的辅助蒸汽系统之间设有联络母管,便于在启动锅炉停运后,如果其中一台机组启动,则启动蒸汽可以由另一台机组提供。另外,主厂房采暖、生水加热等公用系统的用汽均从联络母管上接出。

3.2 辅助蒸汽系统管径计算

由于本工程处于严寒地区,且为供热机组,辅助系统用汽量较大,如果按全部蒸汽量来计算管道管径,则部分管径会相当大。因此,有必要对各用汽点运行状态进行分析,组合用汽点,合理计算管道管径。

从辅汽联箱至各用汽点管道管径根据用汽点用汽量来确定,作为常规计算本文不再累述。本文主要针对来汽汽源;高、低压辅汽联络母管等管径进行分析。

从表 2 中可以看出,高压部分蒸汽中生水加热用

汽、脱硝用汽、燃油伴热及吹扫用汽为长时间连续用汽,而除氧器加热用汽、冷炉点火暖风器用汽、汽机轴封用汽、锅炉吹灰用汽和空预器吹灰用汽为启动或是短时间断续用汽。由此,启动时,启动锅炉来汽量可以仅考虑除氧器加热用汽、冷炉点火暖风器用汽、燃油伴热及吹扫、汽机轴封用汽、锅炉吹灰用汽;正常运行时,四段抽汽来汽量考虑燃油伴热及吹扫、汽机轴封用汽、生水加热用汽、脱硝用汽。

低压部分蒸汽中,一、二次风暖风器用汽、采暖用汽为长时间连续用汽,磨煤机防爆用汽为事故时用汽。因此在正常运行时,五段抽汽来汽量可以只考虑一、二次风暖风器、主厂房采暖用汽,磨煤机防爆用汽可以不考虑,或者仅考虑一台磨煤机的量。

当一台机组正常运行,另一台机组启动时,正常运行机组通过辅汽联络母管对启动机组提供启动蒸汽。由于本工程对公用系统提供的辅助蒸汽是从联

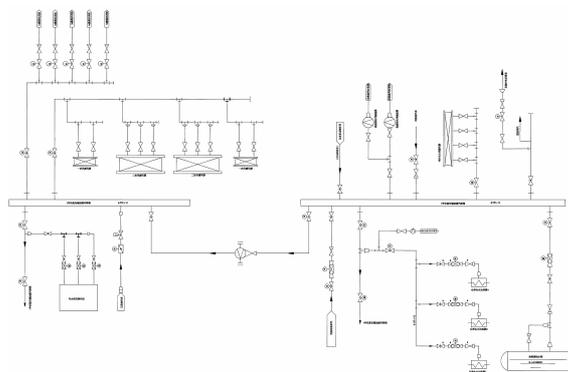


图 1 辅助蒸汽系统图

络母管上接出,所以联络母管管径计算时,除了考虑启动蒸汽量外,还应加上对公用系统的供汽量。

综上所述,来汽汽源启动和正常运行期间的蒸汽量可按表 3 来考虑。其管径计算可根据表 3 中的数据,取各工况中最大值进行计算。

表 3

用汽点	启动工况—夏季/ ($t \cdot h^{-1}$)	启动工况—冬季/ ($t \cdot h^{-1}$)	正常运行工况—夏季/ ($t \cdot h^{-1}$)	正常运行工况—冬季/ ($t \cdot h^{-1}$)
高压部分				
冷炉点火暖风器	8.8	8.8	—	—
锅炉、空预器吹灰	5	5	—	—
燃油吹扫及伴热	5	5	2	2
汽机轴封	9.7	9.7	—	—
除氧加热	10	10	—	—
脱硝	9.9	—	—	—
生水加热	20	—	3	—
总计	38.5	41.5	11.9	31.9
低压部分				
一次风暖风器	8	—	4	—
二次风暖风器	18.8	—	8	—
主厂房采暖	10	—	10	—
磨煤机防爆	4	—	—	—
总计	0	22	4	40.8

4 结 语

工程由于辅汽用汽点多,用汽参数和用汽量差别较大,因此根据参数类别设置高、低压辅助蒸汽,这样可以有效的利用不同品质的蒸汽,减小热损失,提高热经济性。而且在管道应力计算上,设置两台辅汽联箱,管道可以分段计算,相对简单一些。而对于其他工程,例如南方的电厂,系统中可能没有采暖供热、暖风器、生水加热等用汽点,辅汽参数相对比较单一,可以仅设置一路高压辅助蒸汽。

工程辅助蒸汽系统设置也存在部分问题。从表 3 中

的数据可以看出,低压辅汽主要在冬季供汽,夏季基本可以不用。由此,低压辅汽可以不考虑设置联箱,而是采用低压辅汽母管形式接至用汽点,从而减少设备,降低初投资。在以后的工程中,这部分需要再进行优化。

参考文献:

[1] 向泽长. 火电厂 300MW 级机组辅助蒸汽系统拟定与设备选型[J]. 热机技术, 1994(4): 52-54.

(编辑 王秀玲)