

华东电情

(95-01)

华东电网四种引进300MW容量等级
机组技术特点及对比——汽轮机部分

华东电力试验研究院
科学技术信息所
一九九五年五月

华东电网四种引进 300MW 容量等级 机组技术特点及对比——汽轮机部分

华东电 ~~力~~ 研究院
科学技术信息所
一九九五年五月

编写：唐伯仁

目 录

第一章 概述

1. 机组的主要技术规范及保证值 (1)

第二章 汽轮机的转动部分

- 2.1 转子的结构 (3)
2.2 叶片及叶根 (3)
2.3 转子的临界转速 (7)
2.4 联轴器 (8)
2.5 盘车装置 (8)

第三章 汽轮机的静止部分

- 3.1 进汽部分 (9)
3.2 汽缸和隔板 (10)
3.3 滑销系统 (19)
3.4 轴承 (20)
3.5 汽封 (23)

第四章 汽轮机的调节保安及供油系统

- 4.1 GE 机组 (26)
4.2 XT3 机组 (55)
4.3 三菱机组 (60)

第五章 汽轮机的热力系统及其辅助设备

- 5.1 汽轮机的主要热力系统 (70)
5.2 抽汽系统及其加热器 (71)
5.3 凝汽器 (77)
5.4 真空泵(抽气器) (81)
5.5 给水泵 (84)
5.6 循环水泵 (87)
5.7 凝结水泵 (88)
5.8 闭式冷却水系统 (89)

第六章 汽轮机的启动及寿命分配

- 6.1 启动方式及其启动时间 (92)
6.2 汽轮机寿命消耗管理 (105)

第七章 结束语

- 7.1 设计方法 (109)
7.2 设备结构的先进性和可靠性 (109)
7.3 机组的灵活性 (110)
7.4 机组运行的经济性 (111)

附录:华东电网四种引进 300MW 容量等级汽

- 轮机组技术规范及特点汇总表 (112)

第一章 概述

在所述及的四种引进 300MW 容量等级的汽轮机组中,其中利港电厂“1、2 号机组是意大利 ANSALDO 公司购买美国 GE 公司的许可证而制造的,因此该机组属 GE 型的,它与华能南通电厂“1、2 号机组是相同的,因此,本文仅需对三种机组进行论述它们是华能南通电厂“1、2 号机组即 GE 机组;华能南京电厂“1、2 号机组即 XT3 机组;以及定钢总厂自备电厂“1、2 号机组即三菱机组。以上这些机组按工作原理来分,GE 机组和 XT3 机组属于冲动式机组,三菱机组属于冲动反动混合式机组。

以下分别对上述三种汽轮机组的结构和技术特点进行叙述和简析。

1. 机组的主要技术规范及保证值

四个电厂的三种汽轮机组的主要技术规范及热耗率保证值详见附表中所示。由附表中可知:

1.1 GE、三菱机组均属于亚临界参数机组,XT3 机组属于超临界机组,300MW 容量等级机组设计成超临界参数对制造和电网用户来讲,似乎容量欠小。

1.1.2 同是亚临界参数的 GE 机组,南通电厂机组的主蒸汽压力比利港电厂机组者高 0.828MPa,这一压力数值很似利港电厂机组的超压工况。

1.1.3 各机的保证热耗率,以 XT3 机组的为最低,它比石洞口二厂所装 ABB600MW 机组的保证热耗率还要低(7647.6kJ/kWh)。初步分析认为主要是 XT3 机组末级使用 1030 毫米的长叶片。

1.1.4 三菱机组的保证热耗率为 8026.479kJ/kWh,它比近期从日本三菱引进的、装在福州和大连的 350MW 机组的热耗率较高较多,如下表 1-1 所示。

表 1-1

厂商 项目	三 菱			日立	BBC	GE	GIE	阿尔 斯通	ANSALDO	上汽厂 引 进 西 屋
机组容量 MW	350	350	350	350	350	352	320	300	350	300
末级叶片 长度、毫米	851	851	1016	851	950	851	851	1080	851	869
热耗率 kJ/kW·h	8026.5	7905.1	7833.9	8022.3	7946.9	7890.4	7997.2	7930.2	7990.4	8082.3

由表中可知,同是三菱的 350MW 机组,其末级叶片高度同为 851 毫米,但其热耗相差较大。而且装在福州电厂的三菱 350MW 机组经实测“1 号机组为 7835.97kJ/kWh,“2 机组为 7837.65kJ/kWh,均比保证值低较多,据三菱公司介绍,整套汽轮发电机组主要作了下述部分改进。

a. 改双列速度级为单列速度级。

双列速度级虽然可以允许较大的焓降,但因喷嘴出口蒸汽流速过高以及蒸汽经过导叶后改变了汽流方向,使流动损失增大,所以级的效率比一般压力级的效率低较多,从而使机组的

效率较低。目前新设计的大型汽轮机均为单列速度级,而且速度级的焓降设计得较小,以提高整台机组的经济性,仅此一项,据三菱公司介绍,可降低热耗率 16.7kJ/kWh 。

b. 通流部分流向的改进。

宝钢总厂自备电厂 80 年代初所装三菱 350MW 机组其速度级采用大反流布置,蒸汽从速度级出口经 180° 的大转弯绕过喷咀室外壁夹层并对其进行冷却后再进入高压缸的压力级,这种布置方式,使流动损失很大。华能福州电厂和华能大连电厂引进的三菱 350MW 机组,不再采用这种大反流方案,其速度级与高压缸的压力级呈顺向布置,从而提高了高压缸部分的内效率。

中压缸级段,从原来分开两侧反向布置,也改为集中单侧同向布置,改进后机组的中压缸形成整体,仅有一个方向的汽流,使流动损失大大减小;也使高中压缸结构简单,轴向推力得到平衡。

以上二项改进可使机组的热耗率约降低 25.1kJ/kWh 。

c. 叶型和叶片汽封的改进。

采用可控旋涡法设计控制反动度的扭曲叶片,应用三元流理论,静叶从内向外逐步扭曲,出汽角逐渐减小,使反动度和动叶进汽角沿叶高的分布逐渐趋于均匀,从而改善了动叶进口的撞击损失,叶片根部流动损失和顶部漏汽损失也有所改善。

汽缸内部通流部分(级与级之间)采用多道汽封片的汽封结构,使漏汽损失减小,高中压缸动叶汽封该项改进约可降低热耗率 62.8kJ/kWh 环把铆头埋入,这样既可增设汽封片数又可减少摩擦损失。

该项改进约可降低热耗率 62.8kJ/kWh 。

d. 发电机内部冷却系统的完善。

静子铁芯冷却由径向改为轴向冷却,从而减少了冷却的气量和热耗,使热耗率约可降低 16.7kJ/kWh 。

三菱的 350MW 机组,经过上述四个方面的改进,其热耗率保证值共计可降低 121.3kJ/kWh 。这是一个在理论上较可观的数值,但料想不到的是实测值比理论值更大,竟达 190.53kJ/kWh ,因此,80 年代初装于宝钢总厂自备电厂的三菱 350MW 机组,其经济性已远远不及改进后的机组。

第二章 汽轮机的转动部分

2.1 转子的结构:

GE350MW 机组由于是高中压合缸,因此高中压合为一个转子,它是用铬钼钢整锻而成。高中压转子总长 6991mm,最大直径为 1617mm,重约 23 吨,高压段有 9 级叶轮,中压段有 7 级叶轮,叶轮上均设有平衡孔。转子有中心孔。

XT3 320MW 机组是高中压分缸,因此高中压有高压和中压两个转子,均为整锻式、材料为珠光体热强钢 20X3MB ϕ A(31—415)。有中心孔,尺寸为 ϕ 120。

三菱公司的 350MW 机组是高中压合缸,高中压转子由具有高强度变强度的 CrMoV 钢制成。整个转子为鼓式,高中压转子长 8091mm。由于调节级为双列速度级,因此在转子上具有两列整锻叶轮,速度级叶片直接装在叶轮上。而高中压段其余各级叶片均属反动级,直接装在转鼓槽内,转子结构如图 2—1 所示,除双列速度级叶片外还有 10 级高压反动式叶片和 5+5 级中压反动式叶片。在速度级叶片出口处有一高压平衡盘,用以平衡向前的高压轴向推力。中压段第一段为中压平衡盘,用以平衡向前的中压第一段轴向推力。中压第二段也为一中压平衡盘,用以平衡向后的中压段第二段的轴向推力。

三种类型机组的低压转子均为分流式。GE 型机组的低压转子为 2 $\times$ 5 级叶片分流鼓式对称布置。转子长 8191mm,最大直径为 3396mm,重 57 吨,材料为铬钼钒合金钢,整锻式。

XT3 机组的低压转子为整锻一焊接式,属刚性转子,由七个部分组成,即二个端轴,二个末级和二个次末级等厚圆盘,以及一个中间段焊接而成,而各分段均为整锻件,材料为 25X2HM ϕ A 的高强度铬钼镍钢。

三菱机组的低压转子也为分流对称布置,为 2 $\times$ 6 级叶片、末二级为整锻叶轮。转子材料为高强度的 3.5%NiCrMo 锻钢。转子长 7703mm。

2.2 叶片及叶根:

三种类型机组的高压缸叶片均为等截面直叶片。GE 和 XT3 机组为冲动式,三菱机组为反动式的。

中压缸部分,GE 机组动叶片普遍采用扭曲叶片。XT3 机组中压缸叶片全部采用变截面叶片,三菱机组中压部分除末级为扭叶片外其余各级均为直叶片。

XT3 和三菱机组叶片主要数据如表 2—1、2—2、2—3、2—4 及 2—5 所示。

GE 机组各级叶片均用铆接围带,末级叶片也不例外,且末级叶片中部还带一道松拉金。

图 2—1a 是各种叶根结构图,GE 机组较多使用图中 c、d 即外包型结构,也有使用“T”和枞树型结构的。

XT3 机组普遍使用蘑菇状及枞树型叶根,如图中 d 和 h 等。

表 2—1 动叶片基本数据(XT3 机组)

缸别	级号	叶高 mm	数目	叶 型	弯应力 MPa	拉应力 MPa	最大应力 MPa	工作 温度℃
高 压 缸	1	26	90	СЛ=537, B=7.6	13.8	27.1	40.9	510
	2	25	90	СП=104, B=6.0	7.3	19.8	24.3	481
	3	28.5	90	СП=104, B=6.0	8.4	21.3	26.7	453
	4	32.5	90	СП=104, B=6.0	9.8	23	29.5	425
	5	37	90	СП=104, B=6.0	13.4	25.1	32.9	396
	6	44.5	90	СП=104, B=6.0	12.4	28.1	34.2	371
	7	51	90	СП=104, B=6.0	15.1	31	39.4	344
	8	58.5	90	СП=104, B=6.0	15.1	34.2	42.3	319
	9	67.5	90	СП=104, B=6.0	17.7	39.1	51.5	295
中 压 缸	1	82	96	СП=304, B=10	10.9	52.5	56.4	512
	2	94	96	СП=304, B=10	12.6	57.8	61.7	484
	3	107	96	СП=304, B=10	14.7	63	66.7	455
	4	120	76	СП=304, B=10	16	67.9	94.8	426
	5	137	70	СП=304, B=10	13.9	76.9	101.2	395
	6	157	70	СП=304, B=10	16.9	84.9	101.9	374
	7	180	70	СП=304, B=10	15.8	93.6	115.6	347
	8	195	70	СП=304, B=10	18.1	99.7	119.9	317
	9	220	60	B=11	8.2	98	130.8	289
	10	237	60	B=11	9.4	103.5	136.4	254
低 压 缸	1	167	196	СП=537, B=76	26.8	140.7	178.5	192
	2	234	144	СП=537, B=76	25.0	151.6	184.4	130
	3	372	112	СП=537, B=76	12.2	188.7	200.2	86
	4	628	90		42 (不在根部)	286.5 (叶根)	326.4	64
	5	1030	104		109.1 (不在根部)	412.8 (叶根)	470.9	31

表 2—2 双列速度级尺寸及材料表(三菱机组)

名 称	出口叶高(毫米)	平均直径(毫米)	材 料	叶根型式
喷 咀	27.56	967.36	12%Cr 钢	—
动叶 I	30.71	965.81	NiCrMoVW 钢	侧装型
导向叶片	51.50	966.2	12%Cr 钢	“T”型
动叶 II	60.66	968.58	NiCrMoVW 钢	侧装型

表 2—3 高压反动级尺寸材料表(三菱机型)

级 序	静 叶			动 叶			
	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	叶根型式
1	78.23	823.43	12%Cr 钢	80.03	830.87	NiCrMoVW 钢	T 型
2	81.53	837.01	12%Cr 钢	83.04	844.16	12%Cr 钢	T 型
3	84.58	850.34	12%Cr 钢	86.35	857.75	12%Cr 钢	T 型
4	87.88	863.92	12%Cr 钢	89.41	871.09	12%Cr 钢	T 型
5	90.93	877.25	12%Cr 钢	92.72	844.68	12%Cr 钢	T 型
6	94.49	892.07	12%Cr 钢	96.54	900.76	12%Cr 钢	T 型
7	90.42	902.36	12%Cr 钢	92.96	910.54	12%Cr 钢	T 型
8	95.25	917.47	12%Cr 钢	97.77	925.63	12%Cr 钢	T 型
9	100.08	932.58	12%Cr 钢	102.63	940.77	12%Cr 钢	T 型
10	105.41	949.17	12%Cr 钢	108.45	958.85	12%Cr 钢	T 型

表 2-4 中压反动级尺寸材料表(三菱机型)

级 序	静 叶			动 叶			
	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	叶根型式
1	118.0	1143.0	12%Cr 钢	124.2	1150.8	NiCrMoVW 钢	侧装型
2	128.4	1153.4	12%Cr 钢	135.4	1162.0	NiCrMoVW 钢	侧装型
3	139.6	1164.6	12%Cr 钢	146.6	1173.2	NiCrMoVW 钢	侧装型
4	151.8	1176.8	12%Cr 钢	159.5	1186.1	NiCrMoVW 钢	侧装型
5	165.7	1190.7	12%Cr 钢	173.4	1200.0	NiCrMoVW 钢	侧装型
6	177.56	1130.68	12%Cr 钢	183.11	1171.49	NiCrMoVW 钢	T 型
7	184.58	1201.42	12%Cr 钢	191.25	1243.35	NiCrMoVW 钢	T 型
8	192.42	1272.98	12%Cr 钢	201.43	1309.97	NiCrMoVW 钢	T 型
9	205.64	1336.76	12%Cr 钢	214.82	1366.78	NiCrMoVW 钢	T 型
10	219.20	1392.00	12%Cr 钢	226.54	1430.96	NiCrMoVW 钢	T 型

三种类型机组的低压叶片全部为扭曲叶片,除 GE 机组外,其他二类机组低压叶片主要数据如表 2-1 和 2-5 所示。

表 2-5 低压转子叶片尺寸材料一览表(三菱机型)

级 序	静 叶			动 叶			
	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	出口叶高 (毫米)	平均直径 (毫米)	材料	叶根型式
1	78.74	1856.74	12%Cr 钢	88.90	1868.50	12%Cr 钢	侧装型
2	103.38	1881.38	12%Cr 钢	124.21	1903.81	12%Cr 钢	侧装型
3	154.43	1932.43	12%Cr 钢	180.34	1959.94	12%Cr 钢 17-4PH 钢	T 型
4	233.65	2011.65	12%Cr 钢	279.00	2055.42	12%Cr 钢	双 T 型
5	417.83	2179.83	18-8 不锈钢	488.44	2241.04	12%Cr 钢	侧装型
6	795.02	2506.98	18-8 不锈钢	851.00	2553.00	17-4PH 钢	侧装型

注: 17-4PH 钢; (Cr17% Ni4%)

三菱机组叶片的叶根详见以上各表中,表中所列侧装型,实际为多齿的枞树型,由轴向装入。

2.3 转子的临界转速

GE 机组轴系临界转速如下:

一阶		二阶	
高中压转子	2000~2100 转/分		4100~4200 转/分

低压转子	1700~1900 转/分	3500~3600 转/分
发电机转子	1000~1200 转/分	3500~3600 转/分

XT3 机组轴系临界转速如下:

	一阶	二阶
高中压转子	1750 转/分	—
中压转子	1805 转/分	—
低压转子	2000 转/分	—
电转子	960 转/分	2560 转/分

XT3 机组轴系临界转速计算值如下:

阶数	1	2	3	4	5
转/分	882	1776	1890	1998	2532

一般实测值转校计算值低约 10%

三菱机组的临界转速为:

	一阶	二阶	三阶
高中压转子	1790 转/分	—	—
低压转子	3120 转/分	—	—
电转子轴系	870 转/分	16609 转/分	1900 转/分

2.4 联轴器

大容量机组的联轴器,大都采用与转子锻造成一体的刚性联轴器。

GE 机组高中压转子低压转子间的联轴器为刚性联轴器,两端面间用止口配合,间隙为 0.025~0.075mm 紧力。传递扭矩不仅靠联轴器螺栓,而且还可以通过止口间的静摩擦力。

低压转子和发电机转子的联轴器间装有一个盘车用的大齿轮,齿轮与联轴器间有定位销,也是用止口配合,紧力为 0.0254~0.076mm。

XT3 机组各转子间的联轴器,高压与中压间,中压与低压间均为与转子整锻成一体的刚性联轴器,低压与电转子间的联轴器,在发电机侧的半个联轴器为套装式,扭转力矩是靠轴头与半联轴器间的圆柱销来传递。

三菱机组的联轴器,与上述二种机组的相似,低压转子与发电机转子间的联轴器,也与 XT3 机组相同,发电机转子侧的一半为套装式。它用 6 个锥销固定与传递扭矩。在二个联轴器端面间装有盘车用带正齿的齿轮作为垫片(块)。

2.5 盘车装置:

一般盘车装置有低速(3~5 转/分)和高速(40~70 转/分)两种。GE 机组属低速盘车,盘车转速为 3 转/分,是齿轮螺杆式的。传动机构由两个电动机带动:一个是主电机,另一个是予啮合电动机。予啮合电动机装在主电动机顶部,盘车装置起动时,予啮合电动机首先起动,转速达到 450 转/分时小齿轮与大齿轮再啮合。随着大小齿轮的啮合,而且在予啮合电动机的驱动下,整个齿轮系统转动。3 分钟后,主电动机起动,同时予啮合电动机被切除。其润滑油由主润滑油系统供给,盘车油泵出口至盘车装置间的油管上不设关断阀。

XT3 机组的盘车转速很低(1/7 转/分)。

三菱机组的盘车转速为 3 转/分,盘车装置中装有零转速检测器,当汽轮机转子停止转动时,它能藉零转速讯号而自动投入盘车装置。

第三章 汽轮机的静止部分

3.1 进汽部分

GE 机组的高压缸,由两只独立的主汽阀进汽,每只主汽阀控制两只调节汽阀。主汽阀和调节汽阀间用管道连接。主汽阀布置在汽轮机高压缸下部的 6 米平台上。四个调节汽阀两个布置在高压缸上部,另外两个布置在高压缸的下部,每个主汽阀的来汽分别供给上下各一个调节汽阀。而每个调节汽阀都被悬挂在专用的钢架上,以便使调节汽阀在水平方向、纵横方向可以自由膨胀,从而把管道下部调节汽阀的膨胀应力和外力减到最小。

每个主汽阀有一个进汽口和两个出汽口,主汽阀为立式布置,使阀杆处于垂直位置,这样,运行可靠,拆装维修方便。

主汽阀座呈球形,在密封部分的表面,堆焊有司太立合金,以防汽流冲刷、机械损伤和保证关闭严密。在阀体进口部位装有滤网,以防杂物进入汽缸内部,阀杆与套筒间的间隙较大,不易发生卡涩。阀杆密封面焊有司太立合金。阀碟的关闭方向与汽流方向一致,这样当阀门关闭后,阀杆及其汽封间隙区域不受新蒸汽的作用。主汽阀内设有予启阀,它可带 20% 额定负荷,用作机组的起动。

GE 机组的调节汽阀属托架型的,装有文丘里式的阀座阀碟,对阀杆有一定活动裕量,以保证阀碟阀座的严密性。阀碟为球形,阀杆和阀杆套筒均进行过氮化处理。运行一年左右必须检查一次。油动机为单侧进油。每一个调节汽阀控制一组喷嘴,各组喷嘴数相同,均匀布置在圆周上。每一喷嘴室与汽缸在圆周方向和径向方向均装有导向键,可很方便地确定喷嘴室的位置,内汽缸凸出部分与喷嘴室圆周沟槽相吻合。喷嘴室是通过法兰用螺栓固定成一体。蒸汽室是用铬镍钢铸成,安装在单独的阀座上。膨胀时可沿纵向在阀座上自由移动,从而吸收了热变形以减少热应力。蒸汽室与高压缸之间,通过一根挠性导管来连接,而导管与缸体间是通过套管来连接的,导管在其中可上下自由膨胀如图 3-1 所示,其间是靠压力型密封垫进行密封,导管里面是高温高压蒸汽,而导管与套管间是漏泄出去的蒸汽,其压力很低,使导管里外形成很大压差,就利用这个压差使得导管紧套在里面而形成密封。这种结构的优点是:

- 汽缸形状简单,便于保证铸造质量。
- 运行时可以降低由于温度分布不均而产生的热应力。
- 高温高压蒸汽作用的部分集中在蒸汽室和喷嘴室,使汽缸承受的只是调节级喷嘴后的蒸汽温度和压力,故汽缸可用低一级的材料制造。
- 由于喷嘴室是单独的结构,因此,当机组带部分负荷时,由于喷嘴室壁上的温差而产生的热应力很少,可不予考虑,而且有导向键,喷嘴室受热时可在汽缸中自由膨胀而不影响它与汽缸的对中。

GE 机组的中压主汽阀和中压调节汽阀是联合汽阀结构形式,分成二组布置在汽缸的左右两侧,每个联合汽阀仅有一个阀体,但具有中压主汽阀和中压调节阀各自不同的功能,而且各具有独立的操纵机构和控制机构。如图 3-2 所示。

XT3 机组为喷嘴调节方式,四只高压调节汽阀分别向四组喷嘴组供汽,其中“1、4 调节汽阀为一组,与一个高压主汽阀组成一个高压配汽装置;“2、3 调节汽阀为另一组,与另一只高压主汽阀组成另一个高压配汽装置。为使系统结构紧凑,高压主汽阀和调节汽阀均采用立式

结构、且主汽阀和配套的调节汽阀壳件安装成一体,如图 3—3 及 3—3a 所示,两个主汽阀对称地布置在汽轮机的两侧。主汽阀为了降低开启时的提升力,内部设置有余启阀。为防止杂物迁入汽机内部,于进口处设有滤网。

为了改善高压调节汽阀开度与进汽流量间的线性度除改进阀型线外还在配汽机构中加以设计。主汽阀和调节阀开启时,藉油动机内的油压作用力。但在关闭方向均靠强大的弹簧作用力。因此其关闭均十分迅速,使机组的安全得到保证。

XT3 机组的中联门与 GE 机组的相类似,中压主汽门和中压调门组合在一起。如图 3—4 所示。

三菱机组有两只高压主汽阀,与调节汽阀的进汽室连成一体,卧式布置在汽轮机两侧。主汽阀内部有余后阀,与 GE 机组的相似,用作起动时冲转,也可带 20% 额定负荷。

三菱机组有 8 只高压调节汽阀,每只高压主汽阀控制 4 只调节汽阀,每只调节汽阀对应一组喷嘴。

中压主汽阀与中压调节汽阀是分开的,是活瓣式结构,在正常运行时不参与调节。

3.2 汽缸及隔板

GE 机组高中压采用合缸布置,双层结构,内缸搁置于外缸内、内缸中分面通过滑块支撑在外缸下半部上,以外缸凸出部分与内缸凹槽相吻配,顶部和底部装有导向键以确定轴向位置,内缸上下缸在中分面法兰上用螺栓连接固定,材料为铬钼合金铸钢。

高中压外缸也是采用铬钼合金铸钢,上下两半于中分面法兰上用螺栓连接固定,下缸前后端各用两个猫爪与前后轴承座相搭接,外缸两端设有立销使之固定在垂直中心线上。高压内缸有四个支点固定在高压外缸内,在支点上用调整垫片来调整内缸的水平位置,并用螺钉固定。

GE 机组的低压缸采用双层结构,内缸与外缸是分离的,内缸用四个支点支撑在外缸里,内缸用定位销固定在下半缸上,保证了轴向与径向的中心不变,并可自由膨胀。

为了防止起动及空负荷下排汽缸温度过高,设置有喷水装置。并当叶轮温度超过 93°C 时能报警,当超过 107°C 时,能自动脱扣停机。

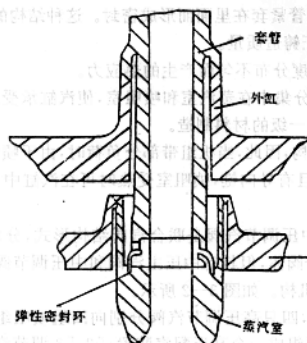


图 3—1 套管与汽缸间的连接

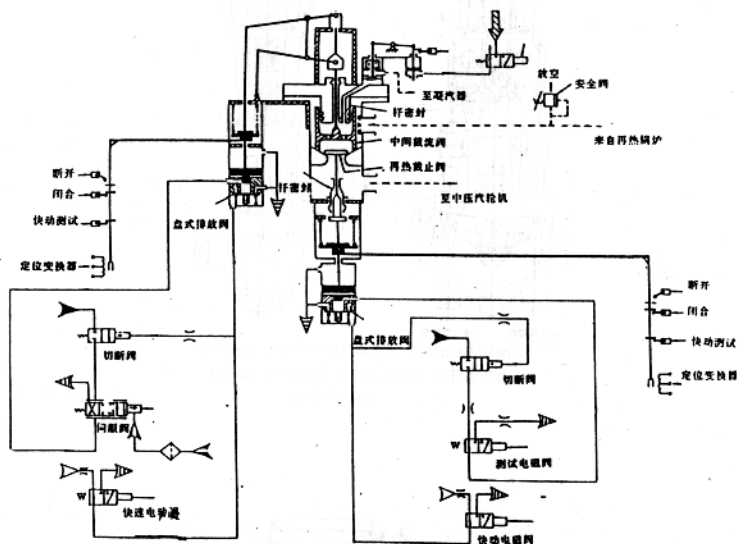


图 3—2 美国 GE 公司 350MW 汽轮机中压主汽阀和中压调节汽阀组合系统

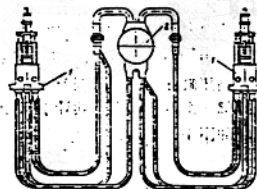
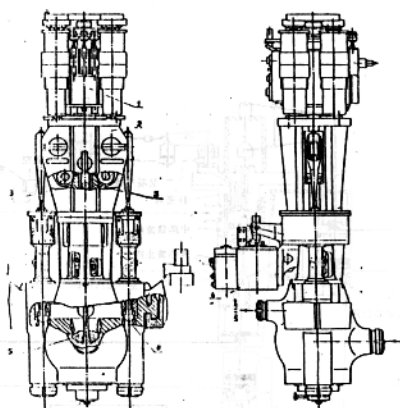


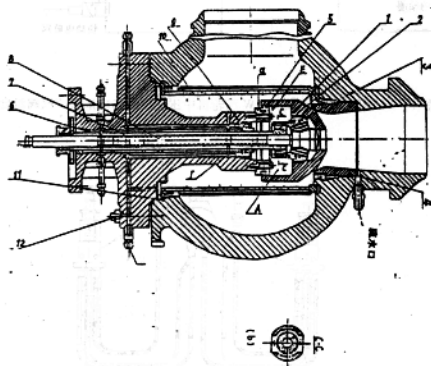
图 3—3 高压缸与配汽机构的连接管道
1—配汽机构；2—高压缸



通向汽轮机 通向汽轮机

1—高压调门油动机;2—高压调门配汽机构;3—楔形斜面;
4—高压调门;5—高压主汽门;6—高压主汽门油动机

图 3-3a 高压配汽装置



1 高压调门阀座;2 中压主汽门阀座;3 中压主汽门阀座;4 中压调门阀座;
封环;6 汽封套;7 中压主汽门阀杆;8—中压调门阀杆;9 阀套密封圈;
虑网;11 阀壳;12 端盖;

图 3-4 中联门

工作于湿蒸汽区域的末级叶片,为了防止水蚀一般于叶片进口边顶端 180~220mm 处用钨钴硬质合金片焊于其上,GE 公司用司太立合金片采用氩弧焊接,少数也有用电子束焊接和银焊技术;除此外,给水加热器抽汽口取在湿蒸汽区,使水份随蒸汽一起抽出;于末级叶片顶部处设有导流槽,将水滴从末级静叶排到凝汽器中去。

为了将中压缸的排汽引向低压缸,其间的连通管是必须的,但连通管的膨胀补偿是一问题,GE 机组采用了如图 3—5 所示 Ω 形波纹管,具有良好的补偿功能。

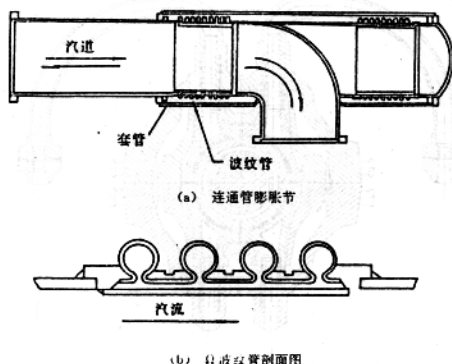


图 3—5 美国 GE 公司设计的连通管

GE 机组连通管是从中压缸顶部引出,从低压缸顶部进入低压缸,即垂直布置。

XT3 机组高中压分缸布置,三层结构,即外缸体、内缸体和喷咀室。

高压外缸体是用 15X1M1 ϕ A 热强合金钢铸成。整个汽缸的布置为顺向布置,即上下各两个进汽口在前端、高压缸的排汽口,放在下半缸上,二个排汽口向下左右对称。外缸上下两半缸体的两端均有支撑猫爪,分别支承在前轴承座和中轴承座上,上半缸上的猫爪是在运行状态下支承高压缸重量的,它的支撑平面位于汽缸的水平中分面上,以利热态下的对中。下半缸上的猫爪是在机组安装和检修时支承高压缸重量的,是工艺猫爪。各支撑猫爪内侧还装设有隔热片,以减轻对前、中轴承座的热影响。

高压内缸是用 15XIM1 ϕ A 热强合金钢铸成,分上、下两半,采用法兰连接,由于内缸体前、后端工作状态下所受压差和温度差别很大,所以内缸中分面法兰设计成阶梯形的,内缸和喷咀室分别铸造,上下两半缸各有两个进汽口,与外缸一一对应,内装四个喷咀室,内缸的重量支承在外缸中分面处的凸台上和斜面键槽上,其中斜面支承面呈键形窄条状,位于内缸前端进汽套管的中心线上,以此作为内缸的死点向前后膨胀,内缸尾部的承重凸台可以在中分面上前后移动,内缸前端和下部有膨胀和对中用的导向键。

高压缸的进汽部分的剖面图如图 3—6 所示,阀门组和缸体分置。

由图可见,进汽部分采用三层结构,四只(两弯、两直)进汽套管焊接在外缸的进汽接口上,带有密封活塞环的另一端分别插入喷咀室的氮化套筒里。

高压缸第 2~7 级隔板装在内缸的隔板槽内,第 8~9 级隔板装在高压缸尾部的隔板套内。