

一、编制说明

1.概述

上海\*\*乙烯裂解气压缩机组 C2000、CST2101 为国外整体供货，由日本\*\*重工有限公司 Hiroshima 机器制造厂制造。压缩机净重 215 吨，透平净重 89.1 吨，根据装箱单，MHI3 箱为 C2000，毛重 226.5 吨，MHI1 箱为 CST2101，毛重 101.5 吨。计划使用 DEMAG TC1800-S 型 450 吨吊车整体吊装，另编制机组吊装方案。透平型号为 9EH-11，压缩机三缸五段，低压缸在中间，低压缸型号 9H-4W，中压缸型号 9H-4B，高压缸型号 7H-7B。本施工方案内容为机组的找正、找平、轴对中、轴承检查、附属系统施工等，其它部分是否拆检待甲方和厂家决定。机组试车将另编制试车方案。

1.2 编制依据

1.2.1 C2000、CST2101 随机资料。

1.2.2 《乙烯装置离心压缩机组施工技术规程》SHJ519-91。

1.3 机组主要技术参数

1.3.1 压缩机主要技术参数

压缩机主要技术参数 表 1.3.1

序号	技术参数	单位	规格	序号	技术参数	单位	规格
1	一段进口温度	℃	41.9	19	三段流量	Kg/hr	367483
2	一段出口温度	℃	87.2	20	四段流量	Kg/hr	357884
3	二段进口温度	℃	38.6	21	五段流量	Kg/hr	366837
4	二段出口温度	℃	84.2	22	一段进口压力	MPa	0.147
5	三进口温度	℃	39.1	23	一段出口压力	MPa	0.297
6	三段出口温度	℃	84.1	24	二段进口压力	MPa	0.270
7	四段进口温度	℃	44.1	25	二段出口压力	MPa	0.546
8	四段出口温度	℃	91.7	26	三进口压力	MPa	0.518
9	五段进口温度	℃	31.1	27	三段出口压力	MPa	1.04
10	五段出口温度	℃	80.4	28	四段进口压力	MPa	0.955
11	机器型式		离心式	29	四段出口压力	MPa	1.945
12	额定功率	KW	44033	30	五段进口压力	MPa	1.900
13	额定转速	rpm	4636	31	五段出口压力	MPa	3.893
14	9EH-11 与 9H-4B 联轴节	mm	L=1283.9	32	径向瓦类型		可倾瓦块
15	9H-4B 与 9H-4W 联轴节	mm	L=659.5	33	密封类型		干气密封
16	9H-4W 与 7H-7B 联轴节	mm	L=640.3	34	压缩机转向		透平侧看左转
17	一段流量	Kg/hr	403021				
18	二段流量	Kg/hr	377868				

1.3.2 透平主要技术参数

透平主要技术参数表

表 1.3.2

序号	技术参数	单位	规格	序号	技术参数	单位	规格
1	透平进口压力	MPa	10.3	10	机器型式		冷凝式
2	透平进口温度	℃	500	11	机器型号		9EH-11
3	透平出口温度	℃	51.9	12	额定转速	rpm	4415
4	透平抽出压力	MPa	0.01355	13	额定功率	KW	50855
5	径向瓦类型		可倾瓦块	14	转向		左转
6	密封类型		汽封	15	出口温度	℃	276.7
7	额定流量	Kg/hr	331900	16	出口流量	Kg/hr	242000
8	抽出压力	MPa	1.67		出口压力	MPa	1.67
9	正常蒸汽流速 额定蒸汽流速	Kg/kw-h	7.064 6.526				

## 1.3.3 机组管口尺寸

机组各管口尺寸表

表 1.3.3

序号	管口名称	规格	序号	管口名称	规格
1	透平入口	ANSI 2500# 12" RTJ	7	压缩机三段入口	API605 150# 42"RF
2	抽提出口	ANSI 300# 24" RF	8	压缩机三段出口	API605 150# 30"RF
3	压缩机一段入口	API605 150# 54"RF	9	压缩机四段入口	API605 300# 30"RF
4	压缩机一段出口	API605 150# 54"RF	10	压缩机四段出口	ANSI 300# 24"RF
5	压缩机二段入口	API605 150# 48"RF	11	压缩机五段入口	ANSI 300# 24"RF
6	压缩机二段出口	API605 150# 42"RF	12	压缩机五段出口	ANSI 300# 20"RF

## 1.3.4 机组各部件重量

机组各部件重量表

表 1.3.4

序号	部件名称	单位	重量	序号	部件名称	单位	重量
1.	透平	吨	76.8	6	高压缸	吨	50
2	低压缸	吨	77	7	压缩机底座	吨	30.5
3	中压缸	吨	57	8	透平底座	吨	12
4	低压缸干气密封	吨	0.7	9	高压缸干气密封	吨	0.7
5	中压缸干气密封	吨	0.7	10	T.T.V	吨	4.7

## 二、机组施工程序

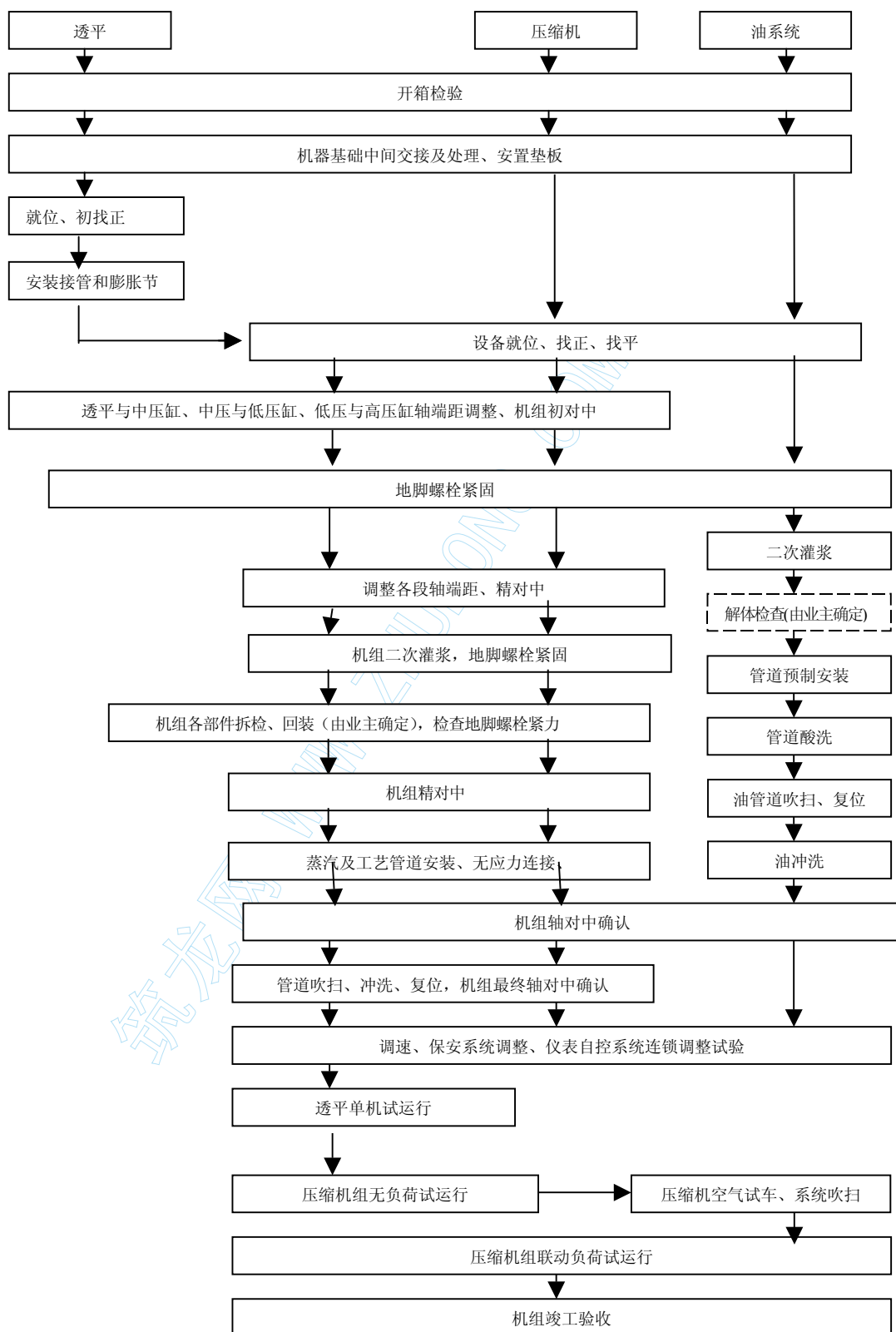


图 2-1 压缩机机组施工基本程序

---

### 三、开箱检验

3.1 开箱检验应由订货单位组织，业主、监理、施工单位的相关人员共同参加进行。

3.2 开箱检验需在库房内进行，在露天场地开箱时，必须有妥善的防护措施。

3.3 开箱使用专用工具，并仔细、认真，确保设备及零部件不受损伤。

3.4 开箱检验的内容和要求如下：

(1)核对设备的名称、型号、规格是否与设计相符，并检查包装箱号、箱数及外观包装完好情况；

(2)按装箱单检查随机资料、产品合格证、零部件及专用工具是否齐全，零部件有无明显缺陷；

(3)对设备的主体进行外观检查，其外漏部分不得有裂纹、锈蚀、碰伤等缺陷；

(4)对主机及零部件的防水、防潮层包装，检验完成后要进行恢复，安装时再拆除；

(5)机械的转动和滑动部件在防锈涂料未清洗前，不得进行转动和滑动；

(6)对设备检查和验收后，应作好检验记录。

3.5 验收后的设备及零部件应妥善保管，以防丢失或损坏。对设备的出入口法兰均应合理封闭，以防异物进入。

3.6 凡随机配套的电气、仪表等设备及配件，应由各专业相关人员进行验收，并妥善保管。

3.7 在施工过程中发现的设备内部质量问题，应及时与业主或监理研究处理。

3.8 开箱检验完毕，机械设备零部件移交前，参与设备清点与检验的负责人员，及时在《设备验收清点检查记录》上签字、认可。

### 四、基础验收及处理

#### 4.1 基础验收

4.1.1 基础验收要按施工图纸及规范要求由质检部门、技术部门和施工班组共同进行；

4.1.2 基础混凝土表面应平整、无裂纹、空洞、蜂窝和露筋等缺陷；中心线、标高、沉降观测点等标识齐全、清晰；

4.1.3 按土建专业基础图纸、交接资料和表 4.1 要求对基础外形尺寸、坐标、标高等进行复测检查。对超标项目，由交方处理合格后，再次组织验收。

#### 4.2 基础处理

4.2.1 压缩机机组安装前需灌浆的基础表面浮浆层铲除，深度约 20-25mm。用无收缩水泥砂浆做调节螺钉垫板墩，垫板上表面至压缩机底面至少有 20mm 的余量。垫板表面水平度允许偏差为 1mm/m。

4.2.2 压缩机 18 条地脚螺栓，透平 12 条地脚螺栓，地脚螺栓形式见图 4.2。

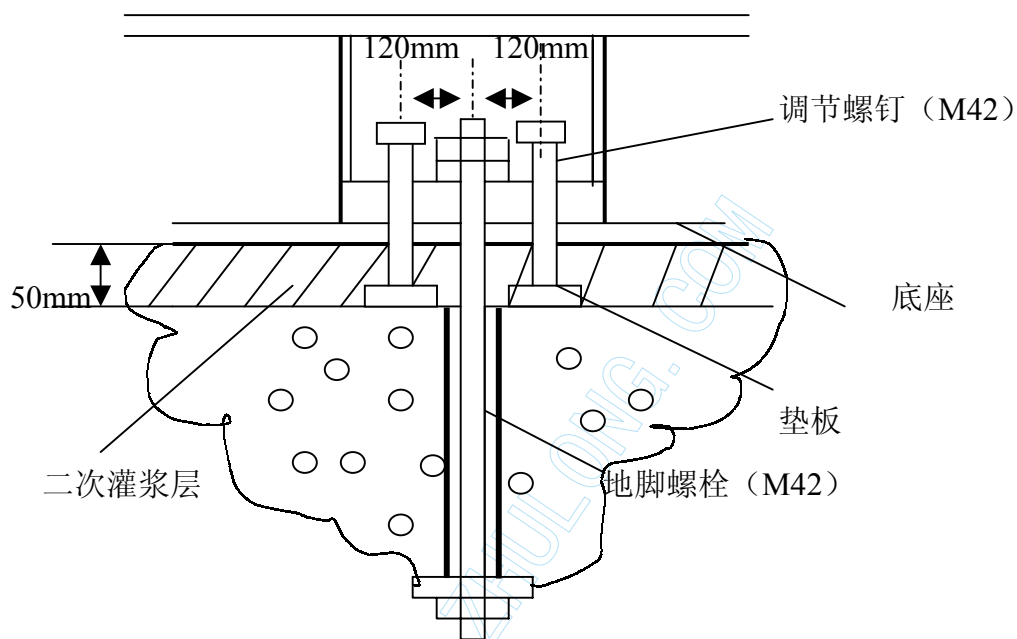


图 4.2 地脚螺栓示意图

4.2.3 地脚螺栓采用套筒式，直径均为 M42，每条地脚螺栓两侧均有调节螺钉，与地脚螺栓中心距均为 120mm，底部垫板尺寸 100×100mm，厚 22 mm。所有地脚螺栓和垫板均由厂家供货。

基础尺寸允许偏差

表 4.1

序号	检查内容	允许偏差	
1	基础坐标位置(纵横中心线)	±20	
2	基础各不同平面的标高	+0 -20	
3	基础上平面外型尺寸	±20	
	凸台上平面外型尺寸	-20	
	凹穴尺寸	+20	
4	基础上平面的水平度(包括地坪上须安装设备的部分)	每米	5
		全长	10

序号	检查内容		允许偏差
5	竖向偏差	每米	5
		全长	20
6	预埋地脚螺栓	标高(顶端)	+20 0
		中心距(在根部和顶部分别测量)	±2

## 五、压缩机机组安装

### 5.1 就位前应做好下列工作：

5.1.1 将透平的主冷凝器初步就位，其安装标高应比设计标高低 25mm~50mm。

透平吊装前应将出汽口的排汽膨胀节段正式安装在透平的出汽口法兰上，否则因位置狭窄透平安装后将无法安装排汽膨胀节段。

5.1.2 预先安装好机组下部在机组就位后无法安装的管道及管件等。

5.1.3 仔细清除底座底面的油污及杂物，用丙酮清洗干净。修补底面被破坏的环氧树脂防锈漆。清除地脚螺栓预留孔中的杂物和积水。

5.1.4 整体就位，地脚螺栓的光杆部分应无油污，螺纹部分应涂抹油脂。

5.1.5 基础灌浆表面的准备，按灌浆料供货商的技术要求施工并经确认。

### 5.2 找正步骤如下：

5.2.1 机组就位后调整底座，使设备纵、横中心线与基础中心线重合。

5.2.2 调整地脚螺栓和调整顶丝，使底座标高位置达到设计标高。机组轴中心标高为 EL114136mm，透平底座平面标高为 EL112636mm，压缩机底座平面标高为 EL111726mm。

5.2.3 旋转调整顶丝，在机本体上指定的机加工面上测量水平度。纵横方向水平度允许偏差为 0.2mm/m。

### 5.3 机组轴对中

5.3.1 机组对中以透平为基准，进行压缩机各转子的对中。采用单表对中法。

5.3.2 机组的轴对中，共三次进行。吊装就位时进行透平和中压缸的联轴节粗对中；机组二次灌浆前进行各转子精对中调整；机组拆检完毕，连接管道以前的最终对中。对中根据 MHI 提供的冷对中图进行调整。

5.3.3 如对中值超差，用增减压缩机支腿下的垫片及移动支腿来调整。

5.3.4 在对中期间，必须经常测量轴端距，偏差不得超过 ±0.5mm。如果超差，则必须通过移动压缩机进行调整。测量轴端距时，每根轴都要先进行轴向移动调整，使

止推轴承处于操作位置。

5.3.5 对中调整完毕，在对中图上记录对中数值、轴端距、支腿下垫片厚度。

5.3.6 冷对中偏差为标准对中值的 $\pm 10/100\text{mm}$ 以内。

5.3.7 对中步骤：

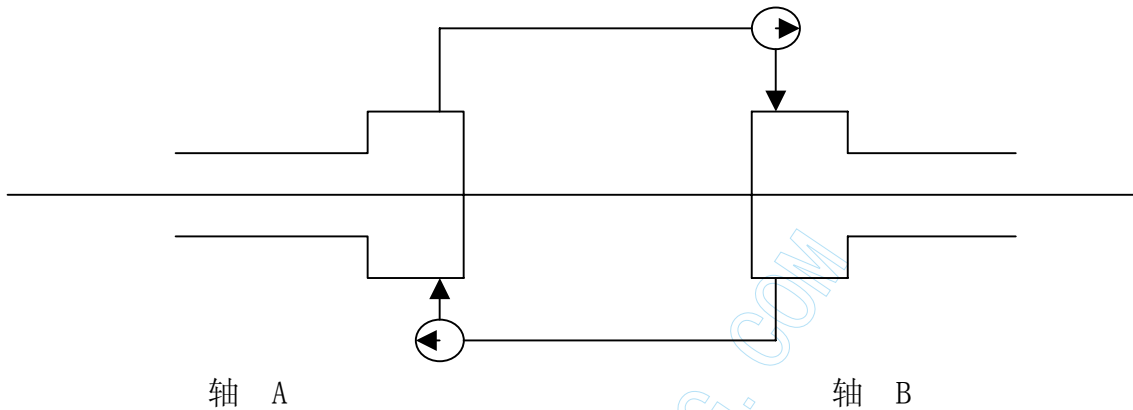


图 5.3.7.1 联轴节对中示意图

5.3.7.1 在 B 轴上安装对中夹具，百分表安装在 A 轴上。见图 5.3.7.1。

5.3.7.2 转动 B 轴一周，检查百分表与 A 轴表面的接触情况。将百分表设置在 A 轴顶部，并回零。

5.3.7.3 慢慢转动 B 轴，每隔  $90^\circ$  记录百分表数值。

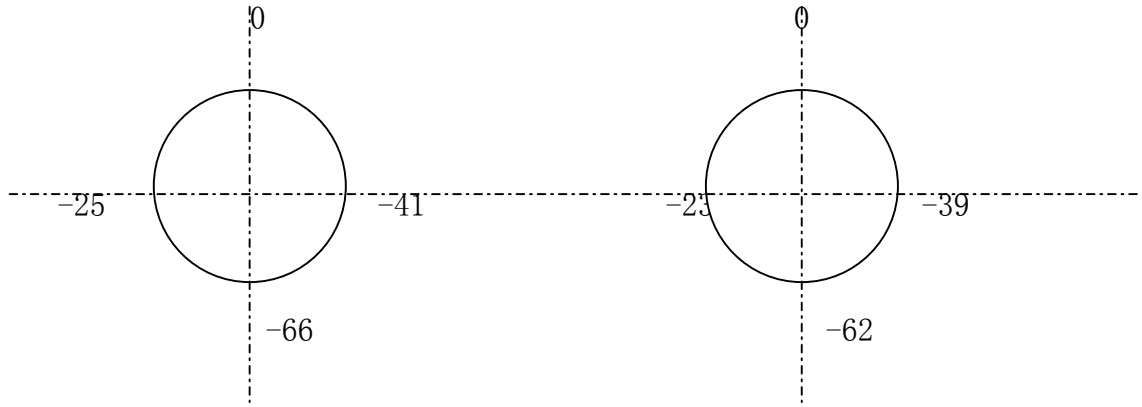
5.3.7.4 将 A 轴转  $180^\circ$  后停止，转动 B 轴一周，检查百分表与 A 轴表面的接触情况。

5.3.7.5 再次将百分表设置在 A 轴顶部，并回零。

5.3.7.6 然后再次慢慢转动 B 轴，每隔  $90^\circ$  记录百分表数值。注意读数时必须认真准确。数值举例如图 5.3.7.6。

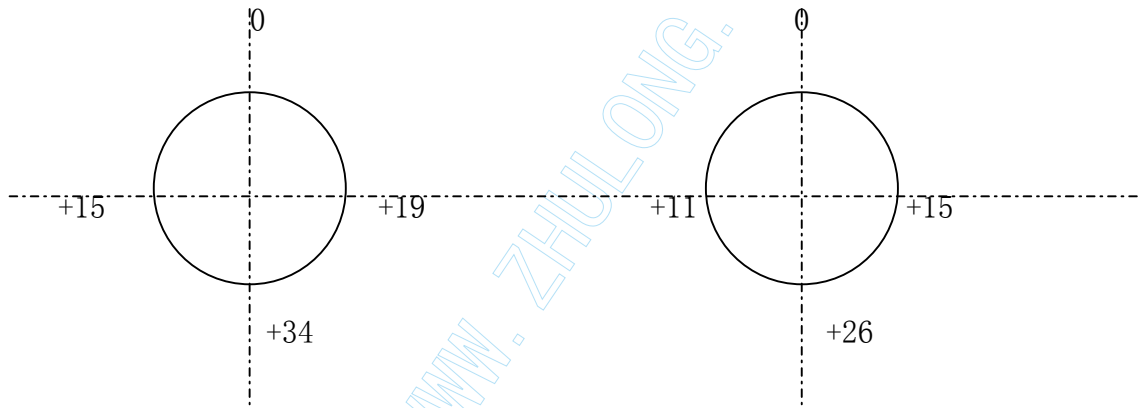
5.3.7.7 将对中夹具安装在 A 轴上，百分表安装在 B 轴上。重复上述操作，记录百分表数值。数值举例如图 5.3.7.7。

5.3.7.8 读数平均数值见表 5.3.7.8。注意对中夹具不能有任何偏斜以免引起测量误差。



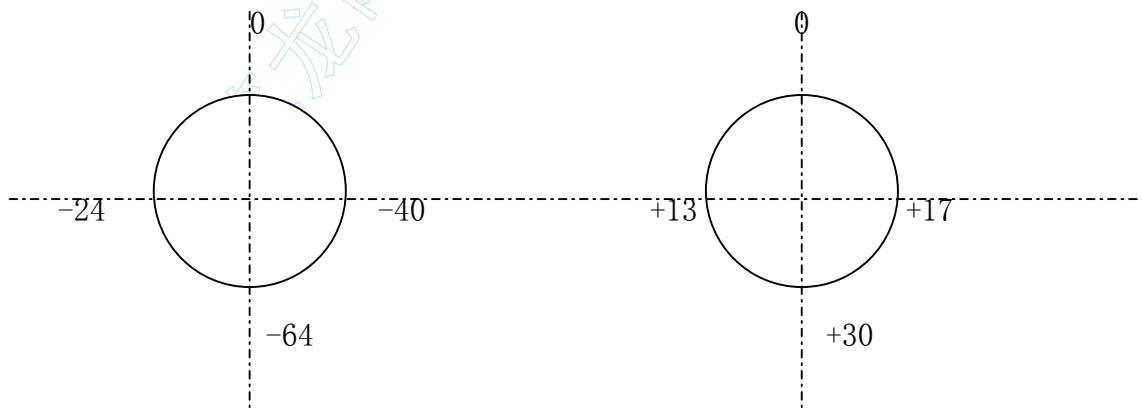
(A 轴转 180° 后)

图 5.3.7.6 百分表在 A 轴上的读数 (举例)



(B 轴转 180° 后)

图 5.3.7.7 百分表在 B 轴上的读数 (举例)



(百分表在 A 轴上)

(百分表在 B 轴上)

图 5.3.7.8 平均数值 (举例)

5.3.7.9 对照制造厂提供的标准冷对中图 (图 5.3.7.9-2), 画出转子的实际测量对中图 (分垂直方向和水平方向)。垂直方向 (顶部为 0): 百分表下方读数为负, 转动



轴中心线与百分表垂线交点在百分表所测轴的下方；百分表下方读数为正，转动轴中心线与百分表垂线交点在百分表所测轴的上方。水平方向：哪侧读数大，转动轴中心线与百分表垂线交点在百分表所测轴的哪一侧。

计算出各支腿垂直方向的调整量和水平方向的位移量，通过加减支腿的垫片使垂直方向对中符合要求，通过移动支腿使水平方向对中符合要求，见图 5.3.7.9-1。

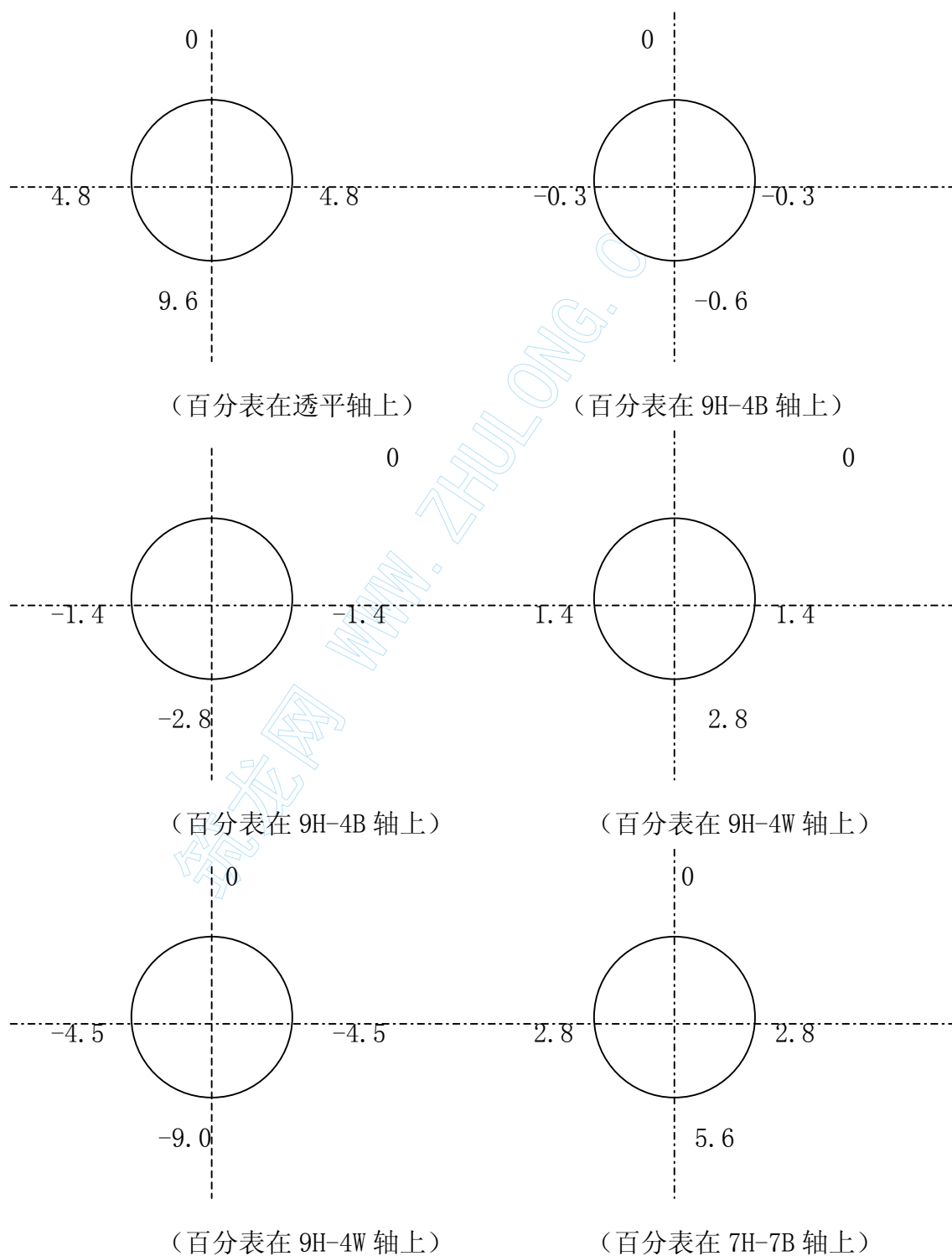


图 5.3.7.9-1C2000 各联轴节对中百分表标准读数

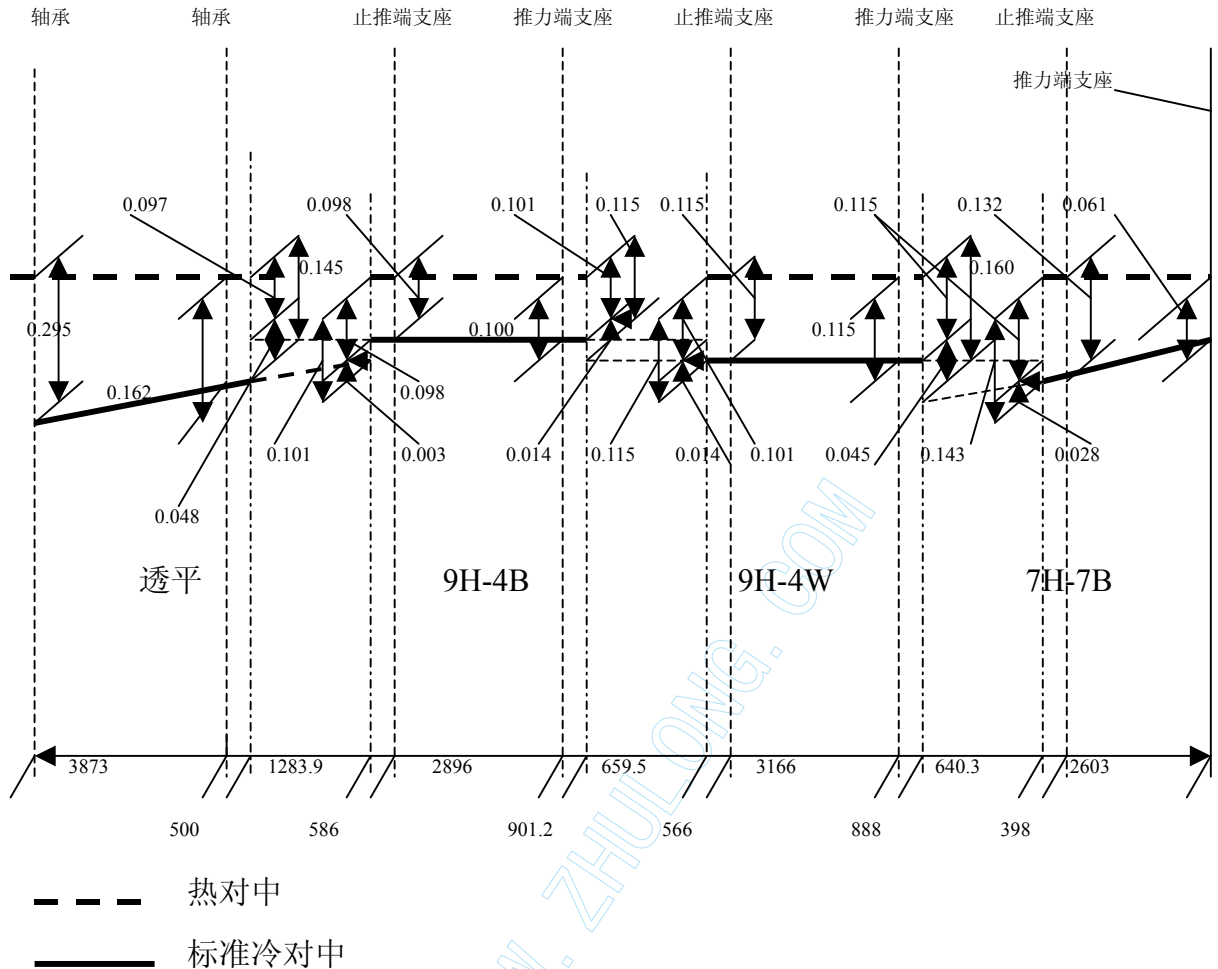


图 5.3.7.9-2 C2000 机组各轴标准冷对中图 (单位: mm)

5.3.7.10 压缩机各转子与透平 (或压缩机) 最终对中时, 同时进行机体的固定, 并将支座螺栓对称均匀地逐次拧紧。在拧紧支座螺栓时, 随时检查轴对中的变化, 支座螺栓拧紧后, 复测轴对中, 应完全符合冷态对中的要求。

5.3.7.11 联轴器连接时, 应与联轴器的定位标志相对应, 连接螺栓应与联轴器螺栓孔的标志对应一致。

5.3.7.12 联轴器外罩联接时, 应保持联轴器供油管路及油孔的畅通, 油管喷油口的组装位置应符合技术文件的要求。

## 5.4 机组的二次灌浆

5.4.1 机组二次灌浆应具备下列条件:

- 机组各联轴器对中合格;
- 地脚螺栓紧固完。

5.4.2 机组基础二次灌浆使用进口红色巧固块 617P 环氧树脂砂浆。基础必须凿除表层浮浆露出坚实基层, 灌浆时必须保证灌浆面清洁、干燥、无油脂, 地脚螺栓预留

---

孔内无杂物和水分。混凝土结合面外边缘磨出 25mm 厚倒角边，以增大边缘处灌浆料与基础粘合面积。

5.4.3 模板内侧涂抹黄油或蜡以便于脱模。灌浆侧模板与设备底座间至少 100mm 距离，且高出设备底板 100mm 以上。在模板内侧灌浆水平高度上钉上 25mm 厚 45° 斜角木线条，以避免浇筑体边缘应力集中。

5.4.4 灌浆施工时及随后 24 小时内环境温度控制在 15-32℃，20℃最佳。灌浆前必须将材料在 15-32℃环境下放置 24 小时。

5.4.5 在机组底座的调整螺钉上涂蜡。

5.4.6 二次灌浆可从机器基础的任一端开始，灌浆过程中可挤压但勿震捣，灌浆工作必须连续尽快完成。灌浆体积超过 1.8 米×1.8 米×150mm 时需用泡沫板在基础面粘置伸缩缝预留条，灌浆凝固后将表面部分去除，再采用环氧密封胶封闭做永久性伸缩缝。

5.4.7 灌浆结束后，用铁锤敲击设备底板，发出叮叮声则表示灌浆层密实。

5.4.8 二次灌浆层养护期满后，在机组底座地脚螺栓附近放置百分表，将百分表的测量头与底座接触。然后，松开底座上的调整螺钉，将地脚螺栓再次拧紧，仔细观测底座的沉降量，在调整螺钉附近底座的沉降量不得超过 0.02mm。

5.4.9 本机组灌浆工作由专业公司完成。

## 六、压缩机拆检、部件安装

6.1 O/H 减振件拆卸（中压段（9H-4B）没有）

6.1.1 松开减振座与推力轴承座的固定螺栓，拆下固定螺栓和弹簧垫片。

6.1.2 拆下减振座（内固定有减振环），取下减振环检查清洗。

6.2 推力侧轴承的拆卸

6.2.1 拆卸轴承顶盖。

6.2.2 拆卸轴承座上的振动探头和轴向位移探头。

6.2.3 松开紧固螺栓，拆卸减振座，拆下减振环。

6.2.4 松开上半部推力轴承座的紧固螺栓，拆卸上半部推力轴承座。

6.2.5 拆卸上半部（KINGSBERY）轴瓦盒和上半部推力瓦，拆卸时必须小心，轴瓦盒和推力瓦之间没有固定，防止推力瓦掉下。

6.2.6 通过推动下半部（KINGSBERY）轴瓦盒（带下半部推力瓦），使其旋转。拆下下半部轴瓦盒和下半部推力瓦。注意保护设在推力瓦中的测温探头金属线。

6.2.7 在下壳体端安装下半部推力轴承座的拆卸专用承板。

- 
- 6.2.8 拆卸下半部推力轴承座的紧固螺栓，将其抬高。
- 6.2.9 将导棒装入接近下半部推力轴承座中分面的两个孔内，保持平衡将其向外移动，放到端部的专用承板上。
- 6.2.10 变换提升点将其移出。
- 6.2.11 松开推力盘锁紧螺母的定位螺钉，用专用扳手松开锁紧螺母。按规定方法拆卸推力盘。
- 6.2.12 松开径向轴承的紧固螺栓，拆下锥形销，从轴承检查口中拆出径向轴承压盖。
- 6.2.13 从轴承检查口中拆出上半部径向轴承座（带可倾瓦）。
- 6.2.14 在转子底部安装转子千斤顶（专用工具），在转子端部顶面安放百分表。顶起转子 0.1mm 的高度。
- 6.2.15 利用吊环螺栓，将下半部径向轴承座旋转 60°，将另一吊环螺栓拧到已出现的螺栓孔上，旋转 180°。拆卸下半部径向轴承座（带可倾瓦）。注意保护设在推力瓦中的测温探头金属线。
- 6.2.16 放松转子千斤顶使转子落到减振环上，记录百分表读数。
- 6.2.17 推力轴承的解体  
校正板安装在轴瓦盒的内侧，在推力瓦的后侧。两侧的调整衬垫（调整推力间隙）用螺钉固定在两侧轴瓦盒的外侧。清洗检查。
- 6.2.18 径向轴承的解体  
径向轴承的可倾瓦（共 6 块）用定位螺钉固定在轴承座上，底部三块瓦上有润滑油管口。清洗检查。
- 6.3 非推力侧轴承的拆卸  
拆卸轴承顶盖，拆卸上部轴承座上的振动探头。参见推力侧轴承的拆卸方法。
- 6.4 轴承检查
- 6.4.1 检查推力盘、推力轴瓦、校正板，径向刮（擦）痕深度 $\leq 0.2\text{mm}$ ，轴向刮（擦）痕深度 $\leq 0.05\text{mm}$ ，宽度 0.5mm，每块不得超过 3 条。
- 6.4.2 通过调整衬垫的厚度来调整转子的轴向位置和推力间隙，达到要求数值。
- 6.4.3 推力瓦和径向瓦的合金部分做着色检查。
- 6.4.4 测量径向轴承的间隙：  
总间隙=轴承座内径-2×可倾瓦平均最大厚度-轴径  
轴承座内径测量 6 点（每点必须符合要求），取平均值。见图 6.4.4.1、图图 6.4.4.2。径向轴承间隙表见表 6.4.4.3。
- 6.4.5. 测量各可倾瓦块厚度，厚度偏差超过 0.03mm 的更换。

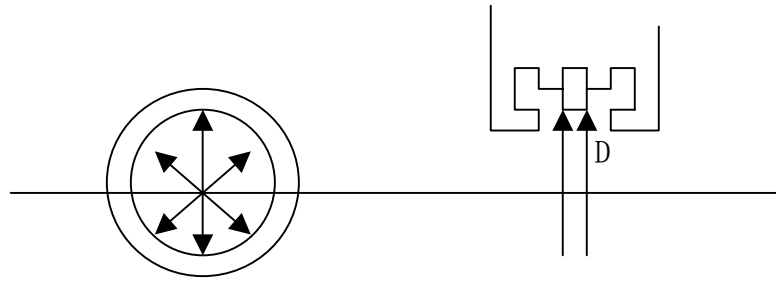


图 6.4.4.1 径向轴承座内径测量

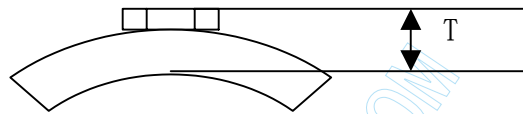


图 6.4.4.2 可倾瓦厚度测量

径向轴承间隙表 (mm) 表 6.4.4.3

转子	径向轴承座内径 D	可倾瓦厚度 T	轴径	总间隙
9H-4W	$326^{+0.01}_{-0.04}$	$53^{+0.01}_{-0.03}$	220	0.26-0.39
9H-4B	$326^{+0.01}_{-0.04}$	$53^{+0.01}_{-0.03}$	220	0.26-0.39
7H-7B	$230^{+0.01}_0$	$35^{+0.01}_{-0.03}$	160	0.22-0.29

## 6.5 推力盘的安装

6.5.1 彻底清理推力盘的内表面和轴的外表面，不得有杂物、油污。

6.5.2 将推力盘装配到轴上，在盘外垂直表面用百分表测量推力盘与轴的垂直度，不得大于 0.02mm (0.0127 mm)。测量推力盘套端面至轴颈垂直面的距离 A。检查推力盘的内表面和轴的外表面的接触面，大于 85%。

6.5.3 将专用工具外侧液压推进器和内侧推进器连接好，然后将内侧推进器安装到轴上。

6.5.4 将低压泵通过连接管连接到内侧推进器的轴向移动管接口上，将高压泵通过连接管连接到内侧推进器的孔腔膨胀管接口上。

6.5.5 通过低压泵使轴向移动压力升压，使推力盘在轴向移动 0.3-0.4mm，然后通过高压泵使孔腔膨胀逐渐升压（使推力盘膨胀），直到轴向移动压力降到 5-10kg/cm<sup>2</sup>。随后将轴向移动压力升压至 10-30 kg/cm<sup>2</sup>。

6.5.6 重复以上操作，直到推力盘套端面至轴颈垂直面的距离 A 为零（金属接触）。注意孔腔膨胀压力不得超过 500 kg/cm<sup>2</sup>。

6.5.7 确认推力盘与轴金属接触后（安装位置），保持轴向移动压力，同时将孔腔膨胀压力逐渐降低，孔腔膨胀压力为 0 后，继续保持轴向移动压力至少 10 分钟。然后卸压。

6.5.8 拆卸专用工具，安装紧锁螺母。

6.5.9 推力盘间隙见表 6.5.9。

推力盘检查间隙表 表 6.5.9

转子	推力盘轴向位移 (mm)	推力盘与轴的垂直度 (mm)	接触面
9H-4W	4.0-5.6	0.0127	大于 85%
9H-4B	4.4-6.2	0.0127	大于 85%
7H-7B	3.6-5.0	0.0127	大于 85%

## 6.6 推力盘的拆卸

6.6.1 将专用工具外侧液压推进器和内侧推进器连接好，在推力盘与推进器接触面之间安放好衬垫（防止冲击），然后将内侧推进器安装到轴上。慢慢使轴向移动压力升压，防止推力盘突然移动。

6.6.2 逐渐升高孔腔膨胀压力（使推力盘膨胀），直到推力盘松动。保持压力 10 分钟。注意孔腔膨胀压力不得超过  $500 \text{ kg/cm}^2$ 。

6.6.3 降低轴向移动压力使推力盘开始移动，然后缓慢地进行降压，以避免推力盘突然移动。

6.6.4 卸压孔腔膨胀压力。卸下专用工具和推力盘。

## 6.7 压缩机密封安装（包括干气密封、隔离密封）

6.7.1 在未安装联轴节轮毂，转子两端轴承组件拆卸后才能安装密封装置。

6.7.2 测量密封间隙。密封间隙=密封内径-轴径。密封内径按上、下和左右测量。

6.7.3 密封部件必须清洗干净，将新内、外侧 O 形环安装到干气密封组件上，将公差环安装在干气密封组件内侧。将隔离密封的新 O 形环安装好。将轴上的 O 形环安装好。

6.7.4 在转子端部顶安放百分表，安装转子千斤顶调节转子高度，使转子和密封件保持对中。

6.7.5 将安装干气密封组件的套筒（工具）安装在轴上。

6.7.6 将干气密封组件沿套筒推进，直到公差环接触到轴表面。

6.7.7 移走套筒，在壳体上安装支持板，在干气密封组件上安装安装板和配合器（专用工具）。将专用长杆螺栓通过支持板与配合器连接。转动长杆螺栓（专用工具），使干气密封组件安装到位。

6.7.8 拆除安装板和配合器，安装干气密封组件的止动环（分为 3 节）。

6.7.9 安装密封锁紧螺母和键，紧固其定位螺钉。

6.7.10 安装隔离密封及定位螺钉。

6.7.11 干气密封组件拆、装示意图见图 6.7.11。



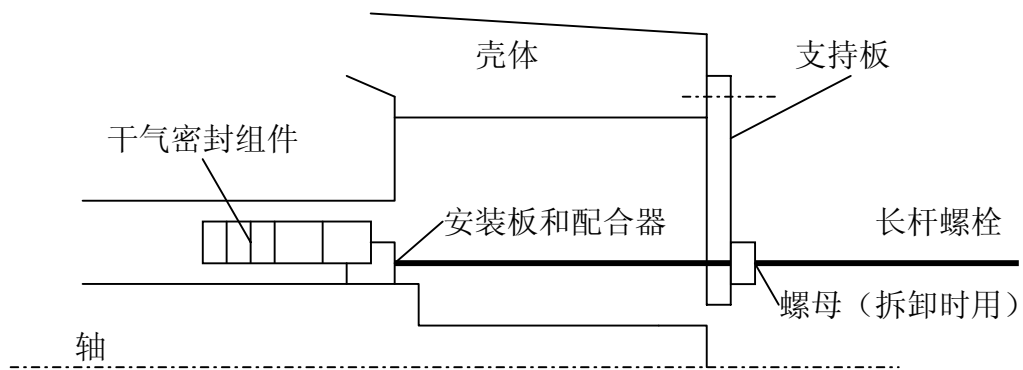


图 6.7.11 干气密封组件拆、装示意图

### 6.8 密封座拆装

6.8.1 在未安装联轴节轮毂，转子两端轴承组件、推力盘拆卸后才能拆卸密封座。

6.8.2 拆开固定螺栓，沿轴将密封座拉出。

6.8.3 清理密封座内外表面，不得有任何杂质。将轴封迷宫密封的新 O 形环安装好，在盒内侧安装新的轴封迷宫密封，在盒外侧安装新的 O 形环。

6.8.4 安装密封座。

### 6.9 轴承的安装

6.9.1 轴承部件及轴颈要清洗干净。检查合格。

6.9.2 安装转子千斤顶，在转子末端顶面安设百分表并回零，顶起转子 0.1mm。

6.9.3 将下半部径向轴承座的轴瓦表面涂润滑油，放到轴上，将其旋转 180° 安装到位。

6.9.4 放松千斤顶，使转子落到径向轴承上，记录百分表的读数。

6.9.5 安装推力盘及其锁紧螺母，安装锁紧螺母的定位螺钉。

6.9.6 在上半部径向轴承座的轴瓦表面涂润滑油，将其安装。

6.9.7 安装径向轴承压盖，拧紧螺栓。

6.9.8 利用导向工具，安装下半部推力轴承座，拧紧固定螺栓。

6.9.9 安装 (KINGSBERY) 轴瓦盒和推力瓦，注意先安装好推力瓦中的测温探头金属线。

6.9.10 安装上半部推力轴承座，拧紧其固定螺栓。

6.9.11 安装减振环和减振环座。拧紧其固定螺栓。

6.9.12 在轴承座上安装振动和轴向位移探头。

### 6.10 联轴器轮毂安装

6.10.1 彻底清理轮毂的内表面和轴的外表面，不得有杂物、油污。

6.10.2 不安装 O 形环和后退环，将轮毂安装到轴上，在轮毂外表面用百分表测量轮毂与轴的垂直度，不得超过 0.05mm。检查轮毂内表面与轴外表面接触面，应大于 85%。测量并记录轮毂端至轴端的距离 A1。见图 6.10.2。

6.10.3 安装 O 形环和后退环（在轮毂和轴的凹槽内）后，将轮毂安装到轴上，注意支持环的安装位置。测量并记录轮毂端至轴端的距离 A2。

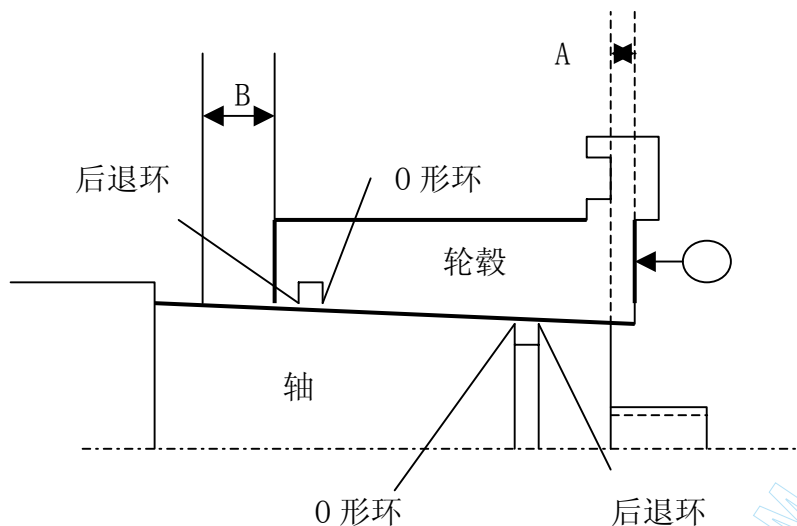


图 6.10.2 轮毂安装示意图

6.10.4. 在轮毂外表面安装百分表测量轮毂的移动距离。将专用工具外侧液压推进器和内侧推进器连接好，然后用手将内侧推进器安装到轴上。手旋转不动时，后退旋转约  $90^\circ$ ，以在内侧推进器上部连接轴向移动液压管线。

6.10.5 将轴向移动液压管线与低压泵连接，孔膨胀液压管线与高压泵连接。将百分表读数设置为 0。

名义轴向移动距离  $B=A_2-A_1+$ 实际轴向移动距离  $L$ 。

6.10.6 先将轴向移动液压压力  $P_1$  升高到  $50-100 \text{ kg/cm}^2$ 。再将孔膨胀液压压力  $P_2$  升高到  $700 \text{ kg/cm}^2$ ，并保持  $P_2$  约 10 分钟。继续升高孔膨胀液压压力  $P_2$  到  $1500 \text{ kg/cm}^2$ ， $P_2$  保持 10 分钟。再缓慢升高孔膨胀液压压力  $P_2$  到  $2000 \text{ kg/cm}^2$ ，保持  $P_2$  约 10 分钟。在升高孔膨胀液压压力的过程中，调整轴向移动液压压力  $P_1$ ，使轮毂端至轴端的距离保持  $A_2$ 。

6.10.7 升高轴向移动液压压力  $P_1$ ，直到使孔膨胀液压压力  $P_2$  升高到  $2400 \text{ kg/cm}^2$ 。

6.10.8 降低孔膨胀液压压力  $P_2$  到  $2200 \text{ kg/cm}^2$ ，再升高轴向移动液压压力  $P_1$ ，直到使孔膨胀液压压力  $P_2$  升高到  $2400 \text{ kg/cm}^2$ 。重复本条操作，使轮毂缓慢沿轴向移动距离  $B$ 。注意在操作过程中，孔膨胀液压压力  $P_2$  最高不得超过  $2400 \text{ kg/cm}^2$ ，轴向移动液压压力  $P_1$  最高不得超过  $300 \text{ kg/cm}^2$ 。

6.10.9 记录轴向移动距离  $B$

6.10.10 保持轴向移动液压压力  $P_1$ ，同时逐渐将孔膨胀压力逐渐降低，孔膨胀压力为 0 后，继续保持轴向移动压力 10 分钟以上。然后卸压  $P_1$ 。

6.10.11 移走专用工具，测量轮毂端至轴端的距离  $A_3$ 。确认名义轴向移动距离  $B=A_1-A_3$ 。

6.10.12 重新测量轮毂外表面与轴的垂直度，不得超过  $0.05 \text{ mm}$ 。

6.10.13 安装轮毂锁紧螺母及其定位螺钉。

6.10.14 各轴轮毂实际轴向移动距离  $L$ ：

9H-4W (LP)

非推力端轮毂实际轴向移动距离  $L$ ：  $10.30^{+0.25}_0 \text{ mm}$ 。

推力端轮毂实际轴向移动距离  $L$ ：  $9.50^{+0.25}_0 \text{ mm}$ 。

9H-4B (MP)

非推力端轮毂实际轴向移动距离  $L$ ：  $12.67^{+0.25}_0 \text{ mm}$ 。



推力端轮毂实际轴向移动距离 L:  $10.30^{+0.25}_0$  mm。  
7H-7B (HP)

非推力端轮毂实际轴向移动距离 L:  $9.50^{+0.25}_0$  mm。

6. 10. 15 重新按冷对中图检查各段轴对中符合要求。

6. 10. 16 检查轴端距, 符合要求。

6. 10. 17 安装轴承盖套及其 O 形环

6. 10. 18 安装联轴节中间连接段。

## 七、透平拆检 (参考)

### 7. 1 迷宫密封间隙测量

7. 1. 1 拆除上壳体 (带上隔板、迷宫密封)

7. 1. 2 拆除控制侧和出口侧盖板, 拆除上半部轴承座。

7. 1. 3 按转子起吊程序吊起转子。

7. 1. 4 在迷宫密封和隔板 (密封座) 之间插入铜片 ( $10 \times 20 \times 2t$ ), 安装迷宫密封。

7. 1. 5 在底部壳体的每个迷宫密封 (下部) 上沿轴向放置铅丝。安装转子。

7. 1. 6 沿轴向在转子顶部放置铅丝, 安装上壳体。

7. 1. 7 拆除上壳体, 取下转子上的铅丝。用游标卡尺测量铅丝厚度。

7. 1. 8 在水平中分面用塞尺测量密封迷宫密封和转子的间隙。

7. 1. 9 按转子起吊程序吊起转子, 取出转子下的铅丝。用游标卡尺测量铅丝厚度。

7. 1. 10 拆除迷宫密封和隔板 (密封座) 之间插入的铜片。

7. 1. 11 透平迷宫密封间隙见表 7. 1. 11。

透平迷宫密封间隙表 (mm)

表 7. 1. 11

位置	标准间隙		需更换的间隙	
	顶、左、右侧	底侧	顶、左、右侧	
控制侧蒸汽盖密封			2.6	2.6
半径	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$		
直径	$1.20^{+0.10}_{-0.08}$	$1.20^{+0.10}_{-0.08}$		
控制侧低压密封			1.8	1.8
半径	$0.40^{+0.15}_{-0.14}$	$0.40^{+0.15}_{-0.14}$		
直径	$0.80^{+0.10}_{-0.08}$	$0.80^{+0.10}_{-0.08}$		
控制侧中压密封			2.0	2.0
半径	$0.45^{+0.15}_{-0.14}$	$0.45^{+0.15}_0$		

直径	$0.90^{+0.10}_{-0.08}$	$0.90^{+0.10}_{-0.08}$		
控制侧高压密封			2.6	2.6
半径	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$	$0.60^{+0.15}_0$		
直径	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$		
2级隔板密封			2.6	2.6
半径	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$	$0.60^{+0.15}_0$		
直径	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$		
3-8级隔板密封			1.8	1.8
半径	$0.40^{+0.15}_{-0.14}$	$0.40^{+0.15}_0$		
直径	$0.8^{+0.10}_{-0.08}$	$0.8^{+0.10}_{-0.08}$		
9级隔板密封			2.0	2.0
半径	$0.45^{+0.15}_{-0.14}$	$0.45^{+0.15}_0$		
直径	$0.90^{+0.10}_{-0.08}$	$0.90^{+0.10}_{-0.08}$		
10、11级隔板密封			2.2	2.2
半径	$0.50^{+0.15}_{-0.14}$	$0.50^{+0.15}_0$		
直径	$1.0^{+0.10}_{-0.08}$	$1.0^{+0.10}_{-0.08}$		
出口侧密封			1.8	1.8
半径	$0.40^{+0.15}_{-0.14}$	$0.40^{+0.15}_{-0.14}$		
直径	$0.80^{+0.10}_{-0.08}$	$0.80^{+0.10}_{-0.08}$		
出口蒸汽盖密封			2.6	2.6
半径	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$	$0.60^{+0.15}_{-0.14}$		
直径	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$	$1.2^{+0.10}_{-0.08}$		

## 7.2 径向轴承间隙

测量方法参见压缩机。间隙要求见表 7.2。

透平轴承间隙设计值 (mm) 表 7.2

轴承	轴承座内径	可倾瓦厚度 T	轴径 mm	总间隙 mm
控制侧轴承	$350^{+0.02}_0$	$55^{-0.01}_{-0.03}$	240	0.32-0.42
出口侧轴承	$410^{+0.02}_0$	$65^{-0.01}_{-0.03}$	280	0.34-0.45

## 7.3 推力轴承间隙检查调整

7.3.1 拆除出口侧盖板，在转动齿轮上安装调整工具（如图 7.3.1 示）。

7.3.2 将转子向调速端推动，直到推力盘接触到推力瓦面。

7.3.3 在夹具上安装百分表，记录读数 R1。

7.3.4 转动螺栓，使转子朝排汽端移动，直到推力盘接触到推力瓦面。记录百分表读数 R2。

7.3.5 总的推力间隙  $R=R1-R2$ 。设计数值为 0.46-0.56mm（操作位置每侧为 0.23-28

mm)。

如间隙超差，则调整推力轴承衬垫的厚度。

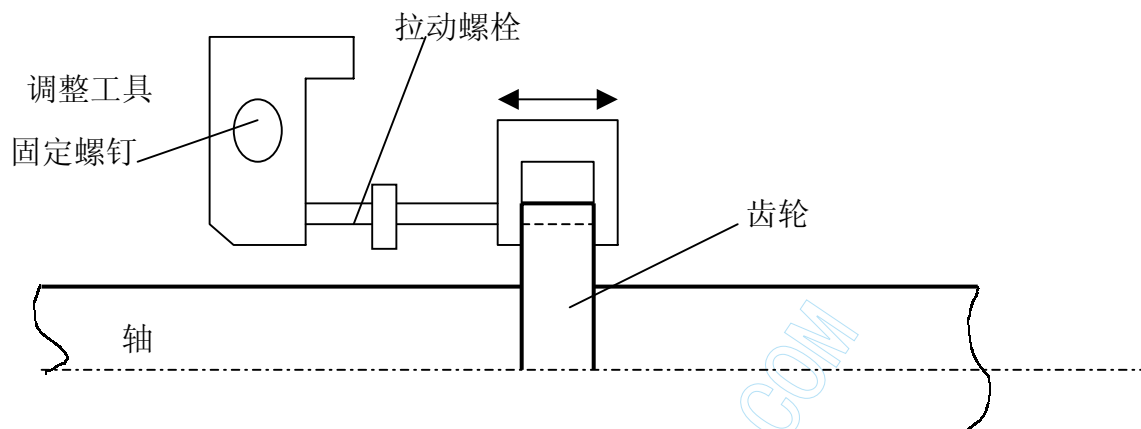


图 7.3.1 透平推力轴承调整示意图（上部，下部相同）

#### 7.4 喷嘴与叶片间的间隙测量

7.4.1 透平喷嘴与叶轮轴向间隙值、透平叶轮外侧凸缘与折流板径向间隙见附表。

附表中的间隙值为转子推力盘置于推力轴承中间位置的间隙。

#### 7.4.2 测量方法：

未安装上壳体前，安装转子移动工具，将转子朝排汽端移动，直到推力盘接触到推力瓦。用塞尺在各段中分面测量各间隙，作好记录。测量的轴向间隙数值减去推力间隙的一半，即为实际的透平喷嘴与叶轮轴向间隙值。

### 八、附属设备安装

#### 8.1 汽轮机调节保安系统安装

8.1.1 调速器在制造厂已进行了调试整定，现场整体安装，若无特殊要求不再进行拆检，仅对油压控制的执行机构清洗检查。

8.1.2 主汽门、调速阀、危机保安装置、油动机等，检查其滑动或移动部位，应动作灵活、可靠，无卡涩现象。

8.2 附属机器的安装检查应符合规范要求。

8.3 附属机器裸露的转动部分，如联轴器等应装保护罩，且保护罩装设牢固，便于拆卸。

8.4 附属设备有表面冷凝器、油冷器、汽封冷凝器、喷射器、蓄能器等。压力容器的耐压试验和气密试验应按技术文件和规范的规定进行。

8.5 油冷却器应视具体情况进行抽芯检查，油程部分应用油或氮气进行耐压试验。

8.6 油系统的各设备内部应经检查清洗，并符合试运行的要求。

附属设备一览表

序号	位号	名称	序号	位号	名称
1	E2101X	表面冷凝器	5	X2050X	干气系统包
2	E2102AX/BX	进出冷凝器	6	D2220X	高处油箱
3	E2103X	密封冷凝器	7	X2210X	润滑油站
4	X2101	透平出口过渡段			

### 8.7 主冷凝器与透平的组对

8.7.1 主冷凝器中心标高为 104420mm，而钢框架顶面标高 102096mm，安装时要低于正式标高 30-50mm，以便安装主冷凝器与透平间的排汽过渡段。主冷凝器中心至本体底座距离为 2324mm，因此钢框架安装时顶面标高要低于正式标高 30-50mm，底面垫斜垫铁组。

8.7.2 透平吊装前应预先将排汽膨胀节段安装在透平的出汽口法兰上（尺寸 3040×1640mm）。加垫片和涂密封胶后把紧。膨胀节的安装长度由定位螺栓固定，组对完成后松开。

8.7.3 排汽过渡段先放到主冷凝器上，再用倒链和千斤顶配合组对到排汽膨胀节法兰上，加垫片和涂密封胶后把紧。**注意**安装过程中不得直接将排汽过渡段重量作用在膨胀节上，直到过渡段与主冷凝器连接后才能撤除临时支撑机具。

8.7.4 调整钢框架底部斜垫铁，使主冷凝器标高偏差在±5mm 内。使水平度偏差在±0.5mm/m 内。

8.7.5 钢框架底座灌浆。

8.7.6 主冷凝器的气密试验：封闭壳程所有管口，打开循环水侧的人孔和检查孔。用氮气对壳程加压 0.5-1.05kg/cm<sup>2</sup>。用肥皂水检查管束与管板连接缝。

8.7.7 透平与压缩机、透平与主冷凝器对中合格后，割除主冷凝器入口盲板，将过渡段与主冷凝器管口焊接。

## 九、压缩机机组附属管道安装

91 管道与机组的接口段必须在机组找平、找正、精对中完成和基础二次灌浆后安装，连接到压缩机上时，其它部分应已完成，仅留下最后一段管子需连接到压缩机管口法兰上。

---

9.2 管道与机组连接前，管道内部应清理或吹扫合格。机组向上连接的管口必须用钢板封闭，防止管道安装期间杂物进入机内。拆除各封闭钢板前必须进行共检。

9.3 与机组连接的配对法兰在自由状态下应平行且同心，要求法兰平行度不大于 0.10mm，径向位移不大于 0.20mm，法兰间距以自由状态下能顺利放入垫片的最小间距为宜，所有螺栓要能自由穿入螺栓孔。

9.4 最终焊接完毕，除管道本身的支吊架外不得有任何外部临时支撑，用其本身弹簧支吊架调整管道，管道法兰和机组法兰的周边间隙为：不大于 0.3mm。螺栓能在螺栓孔内自由穿动，两法兰间隙应以能将垫片自由插入法兰间隙内且接近于垫片厚度为准。

9.5 工艺管道与机组连接前应进行共检确认，确认各管道无应力情况、各管口法兰间隙、法兰中心偏心值符合要求后进行管道连接工作。紧固前必须通知钳工在各联轴节轮毂上的上、下、左、右位置打上百分表进行监测，连接过程中百分表读数不得超过 5/100mm，否则必须松开连接螺栓重新调整管道，直到合格。各管道必须分别进行连接，每条管道连接紧固时都必须打表检查合格。管道无应力检查必须有 MHI 技术人员、业主、监理共同确认。

9.6 所有管道连接后，各段的对中值即为机组的最终对中值，作好记录归档。

9.7 工艺管道法兰螺栓根据随机文件规定的扭距及方法紧固。

9.8 工艺管道上的弹簧支架、吊架的定位销块应在管道连接完毕，保温工程完毕后在试运转前打掉。

## 十、油系统管道酸洗与油冲洗

### 10.1 油管道安装

10.1.1 油系统管道的预制安装由专门的管工班组负责，必须熟悉油系统管的清理、制作、焊接、安装、检查要求和方法。油系统管道预制使用机械切割下料，管道、管件预制焊接前用机械和吹扫的方法清理干净。制作好的管段用压缩空气和蒸汽吹扫干净，然后用塑料布将管口包好，并用医用胶布封固，防止污染内部。油管焊接全部采用氩弧焊打底工艺，DN50 以下焊口采用全氩弧焊接。注意管道点焊也必须采用氩弧焊，严禁用电焊点焊。

10.1.2 油系统管道的阀门安装前要解体检查，清理干净内部杂质。

10.1.3 油管安装时，进油管要向油泵侧有 1%的坡度，回油管向油箱侧有 1/24（42mm/m）的坡度。

10.1.4 油系统管道施工过程中，对油管、油设备敞口处要及时封闭，避免杂质污染系统。

### 10.2 油管道酸洗

10.2.1 酸洗减少铁锈和管壁附着的氧化皮和其它杂物，减少油冲洗时间。

10.2.2 酸洗程序见表 10.2.2。

管道酸洗程序

表 10.2.2

步骤	内 容	
	碳钢管道	不锈钢管道
管道处理	除去每个管道切割边缘的毛刺、残渣和焊接飞溅。	同前
脱脂	在正常温度下，浸入 NaOH10-20% 溶液中，保持 20-30 分钟	同前
水冲洗	用新鲜水冲洗	同前
酸洗	用 5-20% 磷酸溶液，加热到 40-80℃，浸泡 1-3 小时；正常温度下，浸泡 4-15 小时	用 20% 硫酸溶液和 3-5% 氢氟酸溶液，正常温度下，浸泡 1-2 小时
水冲洗	用新鲜水彻底冲洗干净	同前
中和	在正常温度下，浸入 3-6% NaOH 溶液中，保持 30 分钟到 1 小时	同前
水冲洗	用新鲜水彻底冲洗干净	同前
干燥	进行蒸汽吹扫，并用压缩空气进行干燥	同前
防锈	内表面涂入汽轮机油或防锈油	同前
封口保护	用塑料封堵或胶布封闭所有管口	同前

10.2.3 不锈钢管道酸洗溶液和冲洗水的氯离子含量不得超过 25ppm。

10.2.4 酸洗工作应由专业公司承担，酸洗方案由施工单位和监理单位审查。

### 10.3 油冲洗

10.3.1 将进机组管口拆开加跨线接至回油线。碳钢临时跨线必须进行酸洗。跨线也可采用乙烯或橡胶软管（必须能够承受高温 80°，内表面不含任何杂质）。先进行机组外系统冲洗。控制阀应拆除加跨线，并按油冲洗流程图进行临时接管形成冲洗循环。

10.3.2 油系统管道安装完毕后，管道系统内必须吹扫干净。临时管配制要求和正式管道相同（包括酸洗）。

10.3.3 油系统冲洗前，将油过滤器顶盖打开，确认无铁锈、杂物。内滤芯拆下保管，油冲洗合格后再回装正式过滤器元件。油冷器要在系统冲洗基本合格后才可投入系统循环冲洗。

10.3.4 冲洗油用 ISOVG32 号透平油。油箱加油前，打开油箱顶部人孔，用海绵清洗内部（不得用破布）。关闭人孔和所有阀门。油设备及管道系统必须经检查合格，确保系统清洁。通过 200 目的滤网将冲洗油加入油箱。当两个油冷却器和油过滤器加满油时，在油泵运行期间，油箱中冲洗油数量应保持在最低操作油位以上。

10.3.5 油冲洗使用电机驱动的油泵进行。在系统回油箱前加设锥形临时滤网，过滤网可随冲洗进度依次为 100 目、150 目和 200 目。

10.3.6 油冲洗中为加快冲洗进度可采取以下措施。

10.3.6.1 利用油箱中的电加热器和油冷器对冲洗油进行加热和冷却，加快杂物从管壁上脱落。冲洗最高油温 75°C，最低油温 35°C，交错进行。见图 10.3.6。

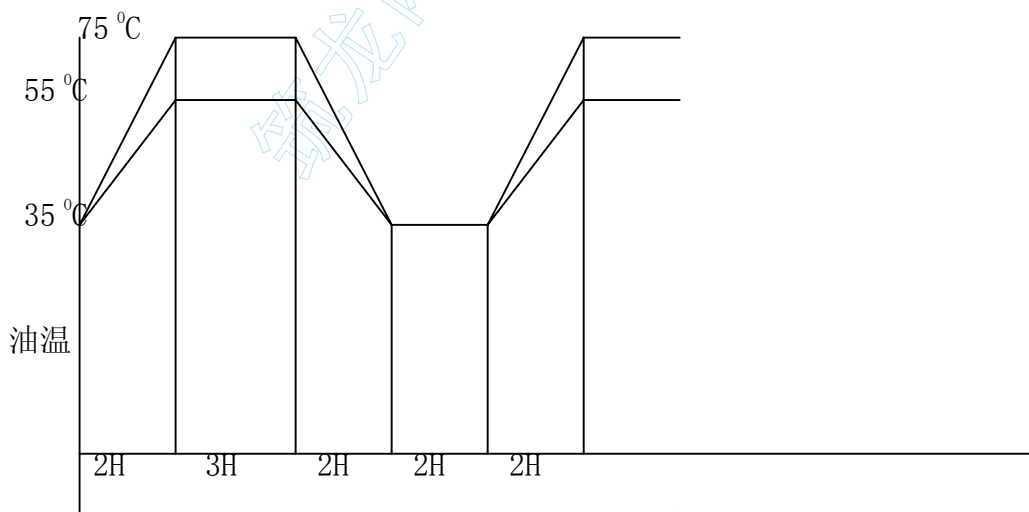


图 10.3.6 油冲洗加温冷却图

10.3.6.2 油冲洗过程中不断用木锤敲击油管的焊缝、弯头、法兰等部位。

10.3.6.3 定期检查、清理系统死点的污物。



10.3.6.4 在供油管线中注入氮气，加强冲洗效果。

10.3.6.5 通过各条管线上的阀门手动操作改变流速，增加冲洗效果。

10.3.7 油冲洗开始时，要及时检查清洗过滤网，当杂质减少时，每 6-10 小时检查清洗一次。每天对检查时间、检查情况、油冲洗的时间、油温变化间隔时间、油压做好记录。

10.3.8 油系统循环冲洗合格标准：检查润滑点入口处加的 200 目滤网，通油 4h 后，每平方厘米可见软杂质颗粒不超过两点，不得有任何硬质颗粒，允许有少量纤维体。应由业主、监理和制造商现场人员共同确认。

10.3.9 油冲洗分为三个系统，即润滑油系统、密封油系统、高位油槽充油系统。密封油系统、充油系统冲洗分别与润滑油系统进行切换冲洗。

10.3.10 循环油冲洗合格后，彻底抽出冲洗油，特别是油冷器、油过滤器、油管底部的存油清理干净。用海绵和生面粉团清洗油箱内部。

10.3.11 拆除临时跨线、过滤器，油管道复位，装上油滤器滤芯。通过 200 目的滤网将新油加入油箱。进行进机油冲洗（密封油系统不得进机油冲洗），控制油系统参加冲洗，检查油滤器压差，以连续冲洗 20 小时，油滤器压差不超过 10-15Kpa 合格。

## 十一、管道吹扫

### 11.1 机组管道吹扫方法

管道名称	吹扫方法
机组的油管和附属气管	酸洗、油冲洗
透平附属蒸汽管道	蒸汽、水或空气吹扫
主冷凝器附属水管和蒸汽管道	蒸汽、水或空气吹扫
公用工程管道	蒸汽、水或空气吹扫
仪表压力导管	空气吹扫、油冲洗
透平蒸汽入口管道（从蒸汽锅炉至透平）	蒸汽吹扫（至 TT 阀）
透平吸入和排出蒸汽管道	蒸汽吹扫法兰下游、检查阀门
压缩机工艺管道	空气吹扫

### 11.2 准备工作

11.2.1 配置临时吹扫管道和消音器。将 TT 阀入口蒸汽管线法兰短节拆开，转向后从末端配置临时管道和临时支架。吹扫检查靶板可用铝板制作。

11.2.2 确定吹扫流程、介质、压力和总量。吹扫口与设备严格隔离，严防吹扫物进入设备。

11.2.3 检查控制阀操作灵活。

11.2.4 吹扫出口处为警戒区，无关人员不得进入。

11.2.5 确认管道各处的阀门开关，打开出口阀门，关闭排放阀、压力表阀、去真空线的阀门。

11.2.6 无法进行吹扫的管段应在安装时将管内彻底清理干净

11.2.7 管道的正式支架已安装完毕，并按要求调整合格。

11.2.8 蒸汽吹扫应在管道保温工作结束后进行，以防造成人员烫伤。



### 11.3 蒸汽吹扫

11.3.1 管道吹扫蒸汽末端压力不得小于正常工作压力的 70%。

11.3.2 每吹扫 5-10 分钟，停止 30 分钟进行冷却，然后再循环吹扫。

11.3.3 蒸汽吹扫前必须先逐渐打开排放阀，进行暖管。管内的冷凝水要全部排净。

11.3.4 吹扫结果检查靶板，应无痕迹、焊渣、污点等。由业主、施工、监理和制造商现场人员确认。

### 11.4 冷凝水线冲洗

11.4.1 打开冷凝泵入口法兰，拆除临时过滤器。拆下控制阀加临时管道短节。

11.4.2 拆下止回阀，加临时管道（或拆下止回阀的阀芯）。

11.4.3 打开排出阀，用软化水进行冲洗，杂物从主冷凝器和冷凝泵入口管道排出。

11.4.4 冷凝泵入口法兰、临时过滤器复位。

11.4.5 利用电动冷凝泵进行水循环冲洗。

11.4.6 循环冲洗水不得再进入表面冷凝器，直接排入地沟。

## 十二、质量保证措施

12.1 本机组施工质量保证体系见图 12.1。

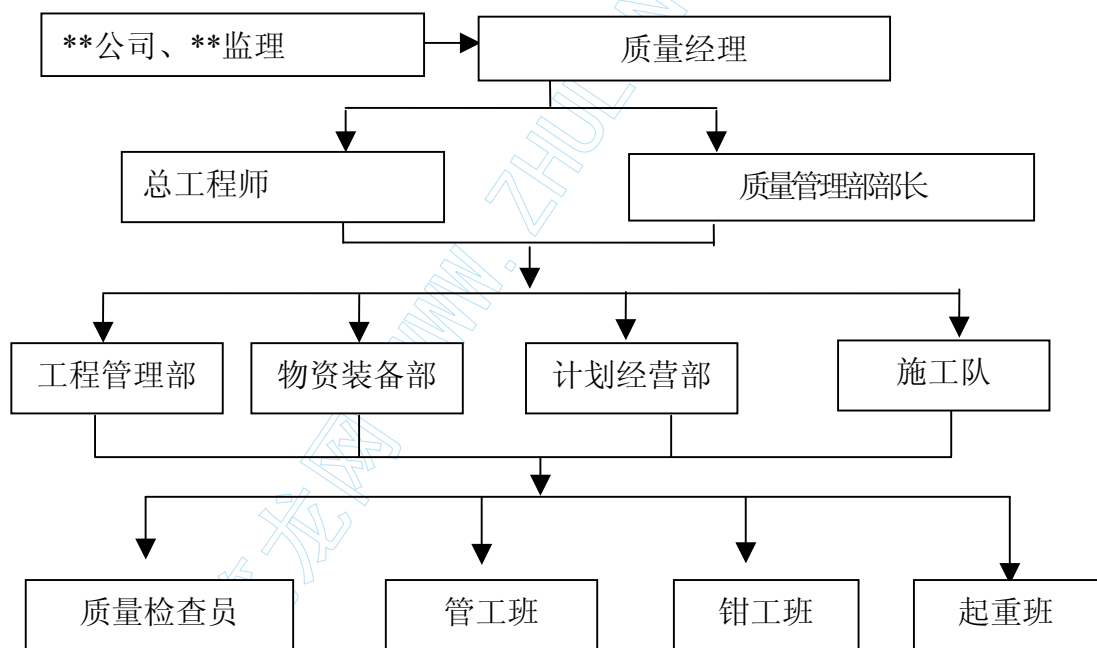


图 12.1 质量保证体系

12.2 施工前对施工人员进行技术交底，使每一个施工人员熟知各零部件的拆、装方法和检查的项目。

12.3 每一个零部件的拆卸要做好位置标记，并按拆卸顺序摆放在橡胶板上，对于较小的零部件、螺栓、螺母、紧固螺钉、定位销等用塑料袋包装。

对于易锈蚀部位涂抹油脂，对于易受潮或水淋的部位用塑料布包裹。

12.4 所有开口的油管、管口用塑料布或胶带封闭。

12.5 对于易受损零部件如迷宫密封、压缩机干气密封、透平汽封、内外浮环、轴承组件等要轻拿轻放并远离经常挪移的部件。

12.6 使用的测量器具必须经检验合格且在有效期内，数据真实，记录清楚条理。

12.7 现场做到文明施工，工完、料净、场地清。

12.8 压缩机厂房应设两个通道并派保安人员 24 小时值勤。与压缩机安装工作有关的人员由施工单位发给专区证，无证人员不得进入厂房。

### 十三、HSE 保证措施

13.1 清理施工区域内的杂物，将施工平台的孔洞、边缘用钢板封闭或设围栏，在平台上铺木板或橡胶石棉板。

13.2 零部件吊装时仔细检查吊装索具应无断丝、裂纹、死结等缺陷，确认索具满足承受吊装重量。内件吊装应使用吊装尼龙带，使用钢丝绳应加垫橡胶板或木板隔离。

13.3 如进行拆卸、安装联轴节轮毂、推力盘，操作前必须检查各连接件的可靠性，在操作过程中使用专用工具，应谨慎操作防止高压液压油喷出伤人。

13.4 使用电动工具时，必须接有断路保护器，严格遵守“一机一闸一保护”。电源线绝缘层无破损、龟裂，在设备内施工时与设备碰磨处应加隔离保护；所有电源线不可穿越设备部件，过道处应架高。当人员离开时应断开电源。

13.5 零部件的清洗使用洁净的煤油、酒精，使用过的煤油及浸满油渍的破布等应倒入指定容器并及时清理。现场配备合格的干粉灭火器。

13.6 所有的用电设备线路要绝缘良好，接漏电保护装置，并都有接地线，防止漏电伤人。

13.7 施工部位距离坠落基准面 2 米以上的高处作业必须系挂安全带。

13.8 现场脚手架必须安全可靠，经安全人员检查合格后方可使用。

13.9 管道酸洗必须穿好耐酸碱服，戴好防护眼镜及口罩。

13.10 职工工作中还应遵守下列规定：

(1) 进入作业区按规定穿戴个人防护用品。

(2) 高处作业必须系挂安全带。

(3) 进入施工现场戴好安全帽。

(4) 施工现场严禁吸烟。

(5) 严禁饮酒后进行施工作业。

(6) 工作中严禁打闹、开玩笑。

(7) 高处作业、上下传递使用工具袋、避免物体坠落伤人。

13.11 压缩机厂房天车必须通过验收合格后方可使用，并设专人操作。

13.12 HSE 保证体系见图 13.12。

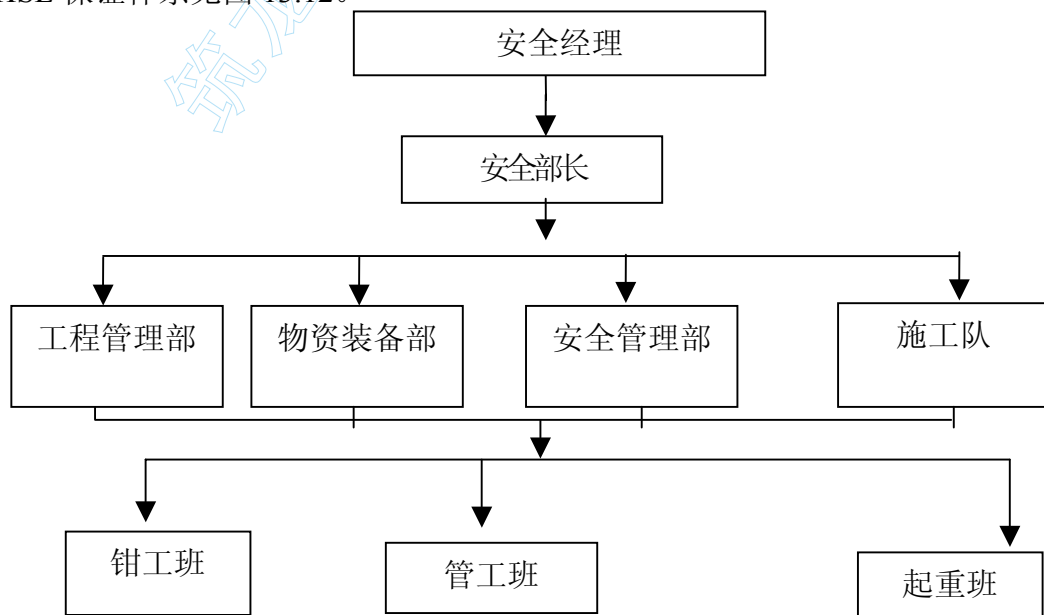


图 13.12 HSE 保证体系

十四、劳动力配备

工种	人数	工种	人数
钳工	15	电工	2
起重工	4	技术员	2
气焊工	2	施工负责人	1

十五、工机具及手段用料

工机具（除专用工具外）一览表 表 15.1

序号	名称	规格	数量	序号	名称	规格	数量
1	手拉葫芦	5t	2 台	6	套筒扳手	公/英制	1/1 套
2	手拉葫芦	3t	2 台	7	内六角扳	公/英制	1/1 套
3	手拉葫芦	1t	2 台	8	扭矩扳手	20-100Nm	1 套
						80-300Nm	1 套
4	尼龙带	5t	4 根	9	梅花扳手	公/英制	1/1 套
5	钢丝绳扣	φ24 (6*37) 长 12m	4 对	10	呆扳手	公/英制	1/1 套

测量工具一览表 表 15.2

序号	名称	规格	精度	数量
1	游标卡尺	0~150mm	0.02	1 件
2		0~300mm	0.02	1 件
3	深度游标卡尺	0~200mm	0.02	1 件
4	外径千分尺	0~50mm		1 套
5	内径千分尺	100~1500mm		1 套
6	塞尺	300B21		2 件
7	框式水平仪	0.02mm/m		2 件
8	铁水平尺	250mm	2mm/m	1 件
9	百分表	0~10mm		4 块
10	卷尺	5m		2 个

施工技措用料一览表 表 13.3

序号	名称	规格型号	单位	数量
1	木板或橡胶板	δ=10mm/ δ=3mm	M <sup>2</sup>	20
2	塑料布		Kg	50
3	胶带		卷	20

4	润滑油		Kg	5
5	煤油		桶	2
6	面粉		Kg	25
7	长方油石		块	10
8	砂布	100#	张	50
9	金相砂纸		张	100
10	PT 检查药品		套	2
11	红丹		kg	0.1
12	绸布		m	2
13	不锈钢滤网	80 目、100 目、 150 目、200 目	M <sup>2</sup>	各 1
14	黄铜棒	D30 mm	米	2
15	紫铜棒	D30 mm	米	2
16	铜皮	0.02 、 0.05 、 0.1mm	Kg	各 2
17	铜皮	0.5mm	Kg	5
18	海绵	厚 60mm	Kg	5
19	透平 32#油		Kg	10
20	液压油	68#	升	4
21	防咬合剂	771	kg	1
22	破布		kg	20
23	酒精		kg	5
24	钢丝刷		把	10
25	扁铲		把	6
26	毛刷	4"	把	10
27	毛刷	2"	把	10
28	铅丝	0.20mm	卷	1
29	铅丝	0.50mm	卷	1
30	蓖麻油		kg	5
31	黄油		kg	10
32	二硫化钼		kg	5
33	架杆		吨	6
34	跳板		块	60

压缩机低压段（9H-4W）间隙值

附表一

间隙	允许偏差 (mm)	位置	实际间隙 (mm)
径向轴承间隙:	0.26-0.39mm	止推端	0.29-0.30
		非止推端	0.30-0.34
止推轴承间隙: (总)	0.46-0.56mm		0.49
级间轴迷宫密封间隙:	0.70-0.90	1-2级	0.88
		3-4级	0.90
叶轮迷宫密封间隙:	1.80-2.00	1级	1.80-1.88
	1.30-1.50	2级	1.30-1.35
	1.30-1.50	3级	1.30-1.36
	1.80-2.00	4级	1.80-1.86
轴密封迷宫密封间隙:	0.55-0.65	止推端	0.59
	0.55-0.65	非止推端	0.57
O/H 减振环与推力盘间隙	0.21-0.23		0.212
O/H 减振环与减振座间隙	0.49-0.52		
径向轴承座 SQ 密封环间隙 (直径)	1.28-1.37		

(实际值均为出厂测量值)

压缩机中压段（9H-4B）间隙值

附表二

间隙	允许偏差 (mm)	位置	实际间隙 (mm)
径向轴承间隙:	0.26-0.39mm	止推端	0.29
		非止推端	0.29
止推轴承间隙: (总)	0.46-0.56mm		0.46
级间轴迷宫密封间隙:	0.70-0.90	1-2级	0.90
		3-4级	0.85
叶轮迷宫密封间隙:	1.80-2.00	1级	1.95
	1.30-1.50	2级	1.40
	1.20-1.40	3级	1.20
	1.10-1.30	4级	1.15
轴密封迷宫密封间隙:	0.55-0.65	止推端	0.57
	0.55-0.65	非止推端	0.57
径向轴承座 SQ 密封环间隙 (直径)	1.28-1.37		

(实际值均为出厂测量值)

压缩机高压端（7H-7B）间隙值 附表三

间隙	允许偏差 (mm)	位置	实际间隙 (mm)		
径向轴承间隙:	0.22-0.29mm	止推端	0.246		
		非止推端	0.253		
止推轴承间隙 (总):	0.46-0.56mm		0.54		
级间轴迷宫密封间隙:	0.70-0.90	1-2级	0.73		
		2-3级	0.84		
	0.6-0.8	4-5级	0.62		
		5-6级	0.70		
		6-7级	0.65		
叶轮迷宫密封间隙:	1.00-1.20	1级	1.03	3级	1.05
		2级	1.00		
	0.90-1.10	4级	0.92		
		0.80-1.00	5级	0.88	7级
			6级	0.81	
	轴密封迷宫密封间隙:	0.55-0.65	止推端	0.61	
0.55-0.65		非止推端	0.60		
O/H减振环与推力盘间隙	0.20-0.22		0.21		
O/H减振环与减振座间隙	0.39-0.42				
平衡盘间隙	0.50-0.70		0.5-0.55		
径向轴承座 SQ 密封环间隙 (直径)	1.10-1.17				

(实际值均为出厂测量值)

透平 (9EH-11) 间隙值 附表四

序号	名称	允许间隙 mm	实际间隙 mm		序号	名称	允许间隙 mm	实际间隙 mm	
			T+B	L+R				T+B	L+R
1	止推轴承	0.46-0.56	0.46		13	迷宫密封	0.52-1.10	0.82-0.98	0.71-0.79
2	径向轴承间隙 (止推)	0.32-0.42	0.33		14	迷宫密封	0.52-1.10	0.83-0.85	0.79-0.83
3	油封	0.20-0.40	0.26-0.24	0.39-0.40	15	迷宫密封	0.52-1.10	0.80-0.85	0.72-0.75
4	汽封	0.92-1.5	1.24-1.25	1.11-1.19	16	迷宫密封	0.62-1.20	0.95-0.99	0.82-0.85

5	迷宫密封 (从止推端开始)	0.52-1.10	0.87-0.92	0.67-0.78	17	迷宫密封	0.72-1.30	1.02-1.07	0.91-0.98
6	迷宫密封	0.52-1.10	0.88-0.91	0.70-0.75	18	迷宫密封	0.72-1.30	1.17-1.21	0.93-1.00
7	迷宫密封	0.62-1.2	0.91-1.01	0.82-0.87	19	迷宫密封	0.52-1.10	0.80-0.88	0.76-0.93
8	迷宫密封	0.92-1.5	1.27-1.32	1.14-1.28	20	汽封	0.92-1.50	1.10-1.18	1.11-1.18
9	迷宫密封	0.92-1.5	1.43-1.48	1.13-1.25	21	油封	0.20-0.40	0.27-0.33	0.28-0.40
10	迷宫密封	0.52-1.10	0.89-0.96	0.75-0.79	22	出口侧轴承间隙	0.34-0.45	0.374	
11	迷宫密封	0.52-1.10	0.86-0.94	0.72-0.76					
12	迷宫密封	0.52-1.10	0.78-0.82	0.71-0.78					

(实际测量值为出厂时数值)

透平喷嘴与叶片轴向间隙值 mm (从蒸汽出口端看) 附表五

级数		1段	2	3	4	5	6	7
叶片外侧轴向间隙	允许间隙	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	1.4-1.7	1.4-1.7
	外侧	1.15	1.10	1.05	1.05	1.15	1.50	1.55
	右侧	1.15	1.10	1.05	1.05	1.10	1.45	1.40
叶片内侧(外缘)轴向间隙	允许间隙	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	1.4-1.7	1.4-1.7
	左侧	1.15	1.15	1.05	1.05	1.15	1.50	1.55
	右侧	1.15	1.10	1.05	1.05	1.10	1.50	1.45
内侧(内缘)间隙		2.7-3.7	2.7-3.7	2.7-3.7	2.7-3.7	2.7-3.7	3.2-4.2	3.2-4.2
级数		8	9	10	11			
叶片外侧轴向间隙	允许间隙	1.9-2.2	1.9-2.2	3.2-4.2	9.5-11.5			
	左侧	2.10	2.10	3.20				
	右侧	2.00	2.00	3.20				
叶片内侧(外缘)轴向间隙	允许间隙	1.9-2.2	1.9-2.2	3.2-4.2	4.5-6.0			
	左侧	2.1	2.15	3.2	4.8			
	右侧	2.00	2.05	3.2	4.8			
内侧(内缘)间隙		3.5-5.0	3.5-5.0	3.2-4.2	4.5-6.0			

透平叶轮外侧与折流板径向间隙（从排汽端看） 附表六

级数		1级	2级	3级	4级	5级	6级	7级
叶轮外 侧与折 流板径 向间隙 mm	允 许 间 隙	0.75-1.25	0.55-1.05	0.55-1.05	0.55-1.05	0.55-1.05	0.55-1.05	0.55-1.05
	左 侧	0.95-1.00	0.70	0.70-0.75	0.75	0.75	0.75-0.80	0.75-0.80
	右 侧	0.80-0.85	0.65-0.60	0.65-0.70	0.70	0.65	0.70	0.75
级数		8	9					
叶轮外 侧与折 流板径 向间隙 mm	允 许 间 隙	0.75-1.25	0.75-1.25					
	左 侧	0.95	0.90					
	右 侧	1.05	0.80					

透平机械试车性能表 附表七

项目		标准值		实际值	
最小控制转速 (RPM)		3532			
额定转速 (RPM)		4415			
最大连续转速 (RPM)		4636			
1%低于起跳转速 (RPM)		5049			
润滑油 (ISO VG32#)	入口压力 (Mpa)	最大值 0.177 (+0, -0.01)		0.170	
		正常值 0.137 (+0.01, -0.01)		0.136-0.142	
		最小值 0.083 (+0.01, 0)		0.088	
	入口温度 (°C)	最大值 52 (+0, -2)		50.8	
		正常值 48 (+1, -1)		47.5-48.2	
		最小值 40 (+2, -0)		40.9	
	入口流量 (L/min)	744	总量 824	740	
控制油 (ISO VG32#)	入口流量 (L/min)	80	39		
轴承排出 润滑油温	最大	80 (52+28)		76.5	
	增加	低于 28		止推端	19.6



度 (°C)			非止推端	25.9
轴承金属 温度 (°C)	径向轴承	MCS: Max.100 (°C) 起跳速度: Max.105 (°C)	止推端: 93.0	
	止推轴承		非止推端: 90.2	
			主动侧: 78.2	非主动侧: 78.6
震动振幅 (μm)	最小控制速度 (to MCS	25.4 × √12000/N 或 25 (最大为 25)	止推端: 12.1	
	MCS (4 小时运转)		非止推端: 12.1	
			止推端: 11.5	
	1%低于起跳转速		在 MCS 最大记录值的 150%	非止推端: 21.8
轴向位移	在 MCS 操作条 件		止推端: 8.7	
			非止推端: 9.1	
噪音	在 MCS 操作条 件		0.01-0.03	
			86 dB	

(实际值为出厂时数值)

压缩机低压段 (9H-4W) 试车性能表 附表八

项目	标准值	实际值		
最小控制转速 (RPM)	3532			
额定转速 (RPM)	4415			
最大连续转速 (RPM)	4636			
起跳转速 (RPM)	5100			
润滑油 (ISO VG32#)	入口压力 (Mpa)	最大值 0.177 (+0, -0.01)	0.170	
		正常值 0.137 (+0.01, -0.01)	0.138-0.143	
		最小值 0.083 (+0.01, -0)	0.088	
	入口温度 (°C)	最大值 52 (+0, -2)	51	
		正常值 48 (+1, -1)	47.0-48.1	
		最小值 40 (+2, -0)	40.3	
入口流量 (L/min)	正常总量 318	271		
轴承排出 润滑油温 度 (°C)	最大	52+28=80	70.3	
	增加	低于 28	止推端	19.3
			非止推端	17.2
轴承金属 温度 (°C)	径向轴承	MCS: Max.100 (°C) 起跳速度: Max.105 (°C)	止推端: 82.7	
	止推轴承		非止推端: 81.2	
			内侧: 73.8	

			外侧: 73.6
气体压力 (Mpa)			1 段入口: -0.100
			出口: -0.100
			2 段入口: -0.101
震动振幅 ( $\mu\text{m}$ )	最小控制速度 (to MCS	25.4 $\times\sqrt{12000/N}$ 或 25 (最大为 25)	止推端: 11.7
			非止推端: 8.5
	MCS (4 小时运转)		止推端: 15.6
			非止推端: 7.8
起跳转速	在 MCS 最大记录值的 150% (32.8)		止推端: 18.7
			非止推端: 7
轴向位移	在 MCS 操作条件		+0.04--0.13
噪音	在 MCS 操作条件		88dB

(实际值为出厂时数值)

压缩机低压段 (9H-4W) 临界速度

附表九

项目	预期值	实际值
一级临界速度	1700	1600
扩大因素		2.7
	9.4	
脱离极限 (%)	51.9	54.7

(实际值为出厂时数值)

压缩机中压段 (9H-4B) 试车性能表

附表十

项目	标准值	实际值	
最小控制转速 (RPM)	3532		
额定转速 (RPM)	4415		
最大连续转速 (RPM)	4636		
起跳转速 (RPM)	5100		
润滑油 (ISO VG32#)	入口压力 (Mpa)	最大值 0.177 (+0, -0.01)	0.168
		正常值 0.137 (+0.01, -0.01)	0.134-0.141
		最小值 0.083 (+0.01, -0)	0.088
	入口温度 (°C)	最大值 52 (+0, -2)	51.3
		正常值 48 (+1, -1)	47.3-48.7
		最小值 40 (+2, -0)	41.7

	入口流量 (L/min)	正常总量 357	总 365	
轴承排出 润滑油温 度 (°C)	最大	52+28=80	71.2	
	增加	低于 28	止推端	14.5
			非止推端	21.3
轴承金属 温度 (°C)	径向轴承	MCS: Max.100 (°C) 起跳速度: Max.105 (°C)	止推端: 79.0	
	止推轴承		非止推端: 78.4	
			内侧: 80.7	
气体压力 (Mpa)			1 段入口: -0.100~-0.101	
			1 段出口: -0.101	
			2 段入口: -0.101	
			2 段出口: -0.101	
震动振幅 (μm)	最小控制速度 (to MCS	25.4 × √12000/N 或 25 (最大为 25)	止推端: 11.7	
	MCS (4 小时运转)		非止推端: 8.5	
	起跳转速	在 MCS 最大记录值的 150%或加 12.7 (止推 端 25.0, 非 19.6)	止推端: 15.6	
			非止推端: 7.8	
轴向位移	在 MCS 操作条 件		0.14--0.19	
噪音	在 MCS 操作条 件		96dB	

(实际值为出厂时数值)

压缩机中压段 (9H-4B) 临界速度

附表十一

项目	预期值	实际值
一级临界速度	2050 (±5%)	2050
扩大因素	8.5 (±20%)	2.7
脱离极限 (%)	42.0	42.0
在一级临界速度的最大振动 (μm)	3.5, 4.0 (±50%)	2.7, 3.2
	3.5, 4.0 (±50%)	3.8, 4.5

(实际值为出厂时数值)

压缩机高压段 (7H-7B) 试车性能表 附表十二

项目	标准值	实际值
最小控制转速 (RPM)	3532	

额定转速 (RPM)		4415		
最大连续转速 (RPM)		4636		
润滑油 (ISO VG32#)	入口压力 (Mpa)	最大值 0.177 (+0, -0.01)	0.172	
		正常值 0.137 (+0.01, -0.01)	0.135-0.141	
		最小值 0.083 (+0.01, -0)	0.088	
	入口温度 (°C)	最大值 52 (+0, -2)	51.5	
		正常值 48 (+1, -1)	47.4-48.6	
		最小值 40 (+2, -0)	40.6	
	入口流量 (L/min)	正常总量 237	总 191	
轴承排出 润滑油温 度 (°C)	最大	52+28=80	64.4	
	增加	低于 28	止推端	13.9
轴承金属 温度 (°C)	径向轴承	MCS: Max.100 (°C) 起跳速度: Max.105 (°C)	止推端: 82.7	
			非止推端: 82.0	
	止推轴承		内侧: 76.5	
			外侧: 69.0	
气体压力 (Mpa)			1 段入口: 0.001~0.015	
			1 段出口: 0.073-0.138	
			2 段入口: 0.007-0.018	
			2 段出口: 0.073-0.134	
震动振幅 (μm)	最小控制速度 (to MCS)	25.4 × √12000/N 或 25 (最大为 25)	止推端: 3.5	
			非止推端: 3.9	
	MCS (4 小时运转)		止推端: 3.3	
			非止推端: 3.8	
	起跳转速	在 MCS 最大记录值的 150%或加 12.7 (止推端 16.2, 非止推端 16.7)	止推端 (V): 3.3	
		非止推端 (H、V): 4.0		
轴向位移	在 MCS 操作条件		0.19	
噪音	在 MCS 操作条件		90.0dB	

(实际值为出厂时数值)

压缩机高压段 (7H-7B) 临界速度 附表十三

项目	预期值	实际值
一级临界速度	2250 (±5%)	2050

扩大因素	8.0 (±20%)	6.43
脱离极限 (%)	38.1	36.3
在一级临界速度的最大振动 ( $\mu\text{m}$ )	5, 10 (±50%)	2, 3
	11, 13 (±50%)	4, 5

(实际值为出厂时数值)

主要专用工具 (略)


螺栓紧固扭距表 附表十四

扭距 (英尺·磅)

尺寸	预加负荷 50KSI (B7, B16、L7 螺栓)				预加负荷 25KSI (B8M 螺栓)				预加负荷 40KSI (B8 螺栓)				预加负荷 KSI40 (B7、B16 螺栓)				预加负荷 50KSI (B7、B16 螺栓)			
	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次
1/2	12.5	25	37.5	50	6.25	12.5	18.75	25	10	20	30	40	10	20	30	40	7.5	15	22.5	30
5/8	25	50	75	100	12.5	25	37.5	50	20	40	60	80	20	40	60	80	15	30	45	60
3/4	45	90	135	180	22.5	45	67.5	90	36	72	108	144	36	72	108	144	27	54	81	108
7/8	67.5	135	202.5	270	33.75	67.5	101.25	135	54	108	162	216	54	108	162	216	40.5	81	121.5	162
1	102.5	205	307.5	410	51.25	102.5	153.75	205	82	164	246	328	82	164	246	328	61.5	123	184.5	246
1 1/8	150	300	450	600	75	150	225	300	120	240	360	480	120	240	360	480	90	180	270	360
1 1/4	212.5	425	637.5	850	106.25	212.5	318.75	425	170	340	510	680	170	340	510	680	127.5	255	382.5	510
1 3/8	282.5	565	847.5	1130	141.25	282.5	423.75	565	226	452	678	904	226	452	678	904	169.5	339	508.5	678
1 1/2	370	740	1110	1480	185	370	555	740	296	592	888	1184	296	592	888	1184	222	444	666	888
1 5/8	480	960	1440	1920	240	480	720	960	384	768	1152	1536	384	768	1152	1536	288	576	864	1152
1 3/4	600	1200	1800	2400	300	600	900	1200	480	960	1440	1920	480	960	1440	1920	360	720	1080	1440
1 7/8	750	1500	2250	3000	375	750	1125	1500	602.5	1205	1807.5	2410	602.5	1205	1807.5	2410	450	900	1350	1800
2	910	1820	2730	3640	455	910	1365	1820	728	1456	2184	2912	728	1456	2184	2912	546	1092	1638	2184
2 1/4	1300	2600	3900	5200	650	1300	1950	2600	1040	2080	3120	4160	1040	2080	3120	4160	780	1560	2340	3120
2 1/2	1810	3620	5430	7240	905	1810	2715	3620	1448	2896	4344	5792	1448	2896	4344	5792	1086	2172	3258	4344
2 3/4	2410	4820	7230	9640	1205	2410	3615	4820	1928	3856	5784	7712	1928	3856	5784	7712	1446	2892	4338	5784
3	3150	6300	9450	12600	1575	3150	4725	6300	2520	5040	7560	10080	2520	5040	7560	10080	1890	3780	5670	7560

螺栓紧固扭距表

扭距 (英尺.磅)

尺寸	预加负荷 50KSI (B7, B16、L7 螺栓)				预加负荷 25KSI (B8M 螺栓)				预加负荷 40KSI (B8 螺栓)				预加负荷 KSI40 (B7、B16 螺栓)				预加负荷 50KSI (B7、B16 螺栓)			
	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次	第一次	第二次	第三次	第四次
3 1/4	4050	8100	12150	16200	2025	4050	6075	8100	3240	6480	9720	12960	3240	6480	9720	12960	2430	4860	7290	9720
3 1/2	5060	10120	15180	20240	2530	5060	7590	10120	4048	8096	12144	16192	4048	8096	12144	16192	3036	6072	9108	12144
3 3/4	6250	12500	18750	25000	3125	6250	9375	12500	5000	10000	15000	20000	5000	10000	15000	20000	3750	7500	11250	15000
4	7550	15100	22650	30200	3775	7550	11325	15100	6040	12080	18120	24160	6040	12080	18120	24160	4530	9060	13590	18120