

# 合成气压缩机改造总结

赵 军

(山西兰花科技创业股份有限公司田悦化肥分公司)

**摘 要:**介绍合成气压缩机组改造全过程,对改造环节进行了详细的说明,并对机组改造前后的性能参数进行对比和分析,为以后大机组的改造积累了宝贵的经验。

**关键词:**合成气压缩机;改造;高压缸;低压缸;性能及参数;工况

## 0 前言

田悦化肥分公司合成气压缩机为两缸离心式筒形压缩机,中间由汽轮机驱动,该机组自2007年投产至今,已运行了16年,在这16年以来,合成气压缩机运行非常不稳定,其中由于合成气压缩机跳车导致生产中断事故一共40多次,成为了严重制约我公司安全生产的瓶颈。为了彻底解决合成气压缩机的问题,田悦公司领导从上至下都非常重视,积极的建言献策,通过和原厂家西门子公司的多次沟通交流,确定合成气压缩机已经无法修复,需更更换一台新的合成气压缩机。

当时国内制造离心式压缩机较为领先的有新锦化机械制造有限公司和西门子公司,我公司技术人员通过数据对比,通过外出到安徽昊源化工、中盐安

徽红四方股份有限公司、河南安阳中盈化肥有限公司等公司实地进行考察,一致认为新锦化机械制造有限公司生产的机组性能非常稳定,运行周期长,且报价要比西门子公司的低很多,最终选定使用新锦化机械制造有限公司为我公司重新制造一台新合成气压缩机组。

新机组在不改变原有设备基础尺寸的前提下,进行了技术性能提升改造。

## 1 工艺流程改造

本次改造主要是对高低压缸和汽轮机进行整体更换改造,其余附属设备包括表冷器、抽气冷凝器、气封冷凝器、段间水冷器、回流冷却器、油箱、油冷器、油过滤器,两台油泵、两台冷凝液泵全部利旧。

其中部分工艺流程的改造如下:(1)为了增加汽轮机的做功效率,对汽轮机进口主蒸汽管道进行改造,原管道直径为DN150,现改造为DN200。(2)汽轮机轴封供气进口自立阀改为自调阀,改造后汽轮机转速到9000r/min时要将轴封供气总阀关闭,轴封泄漏蒸汽就能起到密封作用。(3)对低压缸干气密封一级密封进气管线进行了改造,原来是直接从低压缸出口进气,现在改为段间水冷器出口进气,这样有效降低了低压缸干气密封的进气温度,可以有效的保护低压缸两侧的干气密封。

## 2 机组的改造

### 2.1 高低压缸转子的改造

(1)高压缸转子由原来的9级叶轮改为8级叶轮,转子上热套有多个叶轮、轴套、平衡盘以及液压装配的止推盘和膜片式联轴节,联轴节为液压装配。采用膜片式联轴节,改变其弹性及阻尼特性,从而改善整个转子系统的扭转特性。对于高速旋转的叶轮具有适当的热套过盈量,能防止运转中发生倾斜及主轴发生弯曲。

(2)高低压缸叶轮为效率较高的三元流叶轮。为了减少磨擦损失,叶轮内表面全部采用高精度数控机床加工。叶轮焊接时在叶道内加入变形防止剂、表面整形剂,防止焊接变形,提高表面光洁度。为防止表面氧化,采用真空热处理技术。

### 2.2 高低压缸轴承的改造

为了降低润滑油的搅拌损失,高低压缸采用直接润滑式轴承。径向轴承为直接润滑的5块可倾瓦式轴承,高速运转时稳定,同时检修方便。推力轴承为两面各六块瓦的带喷油嘴的双面金斯伯雷式轴承,带有自动调心功能。每组轴承都有两个埋设测温热电阻,监测轴承运行状态时的温度变化更准确、更灵敏。

### 2.3 高低压缸密封形式的改造

高低压缸转子叶轮口环、平衡盘密封均采用梳齿密封,从而减少了内泄漏量。在叶轮口环密封的轴向端面上增加了防旋绕的止窝结构,平衡盘密封带有反旋绕装置,降低了气流旋绕对转子产生的激振使转子的运行更加平稳。采用上述措施可大幅度降低功耗。压缩机轴端密封采用带有中间疏齿的串联式干气密封,干气密封可靠性高,使用寿命长,泄漏量小,功耗极低,无油污染,取消了庞大的密封油系统供给及测控系统,占地面积小,运行维护费用低。

### 2.4 汽轮机转子和轴承的改造

(1)汽轮机主轴采用整锻结构,即轴和轮盘锻成一个整体,在装上叶片前后应作动平衡试验,使之在运行时不会由于不平衡而引起转子振动。在转子的两侧轴封处及级间加工出汽封槽,由于这些槽的存在,转子不会受摩擦热的影响,甚至当转子与汽封齿接触时也不受其影响。从调速器端起,转子分下列几个区段:轴位移传感,速度传感计数用的测速及测轴位移盘、推力盘、前轴颈、进汽侧不同压力段的汽封槽、动叶片、排汽侧不同压力的汽封槽、后轴颈和输出端联轴节的圆锥段。汽轮机转子级数为6级,轴承间距为1855mm,主轴材料为30Cr2Ni4Mo。

(2)汽轮机的进气端和排气端的径向轴承改为新锦化机制造的可倾斜式径向轴承,径向轴承采用带三个给油器的五块可倾瓦形式,瓦块间带给油器可使润滑油直接供到瓦面上,滑油直接供到瓦面上,五块可倾瓦型径向轴承使转子避免油膜振荡;推力轴承采用12块瓦的金斯伯雷轴承,用来平衡转子的轴向推力,带给油器的轴承更节油,耗电小。

合成气压缩机高低压缸、汽轮机改造前后主要性能及参数对比如表1所示

表 1 机组改造前后主要性能及参数对比

项 目	改造前			改造后		
	低压缸	汽轮机	高压缸	低压缸	汽轮机	高压缸
缸体型号	4V-9	5CL-5BD	4V-9S	400V-9	500CL-6	400V-8S
叶轮个数	9	6	9	9	6	8
额定转速 r/min	11900	11900	11900	11600	11600	11600
进口压力 Mpa	2.94		7.1	2.9		7.1
出口压力 Mpa	7.58		15.25	7.58		15.25
进口温度℃	40		5	40		6.5
出口温度℃	167		58	184		60
额定轴功率 KW	4080	8548	3550	5150	9312	4162
最大连续转速 r/min	12495	12600	12495	12180	12180	12180
一阶临界转速 r/min	4600	5700	3550	4200	4800	4100

表 2 机组改造前后工艺指标对比

	转速 r/min	控制油压力 Mpa	汽轮机 EG3P 阀位%	高压蒸汽压力 Mpa	一段进口压力 Mpa	二段进口压力 Mpa	循环段出口压力 Mpa	低压缸轴位移 mm
改造前	11150	0.95	100	3.45	2.8	6.87	14.2	0.22
改造后	11750	0.85	61	3.43	2.9	7.05	14.51	0.45
	汽轮机轴位移 mm	高压缸轴位移 mm	低压缸轴振动 um	汽轮机轴振动 um	高压缸轴振动 um	低压缸轴瓦温度℃	汽轮机轴瓦温度℃	高压缸轴瓦温度℃
改造前	-0.16	0.32	26	10	25	78	82	96
改造后	-0.28	0.32	8	12.3	6.8	78	83	91

### 3 机组改造前后工况的对比

机组改造前后负荷均在 100%，其中工艺指标对比如表 2。

通过合成气压缩机的改造，合成气压缩机整体做功能力提高，压缩机一段进口压力明显下降，可以进口将气体抽至高压缸及合成系统。高压缸的轴瓦温度比较稳定，且不会随着系统负荷的增加而升高。合成气压缩机机组的各项性能指标运行稳定，完全能满足合成气压缩机改造后的需要。

### 4 试车情况

我公司于 2022 年 11 月 28 日对汽轮机进行单体试车，整个试车过程很顺利，在 1800r/min 时分别进

行了一次手动跳闸试验和一次远程跳闸试验。转速升至最大运行转速 12180r/min 时运行了 30 分钟。

于 2022 年 12 月 2 日进行联动试车，整个试车过程也很顺利，在 12 月 5 日系统恢复至满负荷试车。机组各项指标均正常，改造很成功。

### 5 总结

从机组开车后整体运行情况分析，合成气压缩机整体更换后取得成功，机组在 100% 负荷下进行了为期 3 个月的运行考核，机组运行平稳，高低压缸的轴瓦温度、振值和位移指标情况良好，压缩机一段进口压力明显下降，解决了了脱碳超压的问题。其他各项工艺技术指标均在规范范围之内，达到了预期的目的和效果。