

# 压缩机组态错误导致喘振的故障分析

撰写人：刘冲 审核人：奚成春

## 一、 设备概述

产品气压缩机总貌如图 1 所示，从左至右依次为汽轮机，低压缸，高压缸：

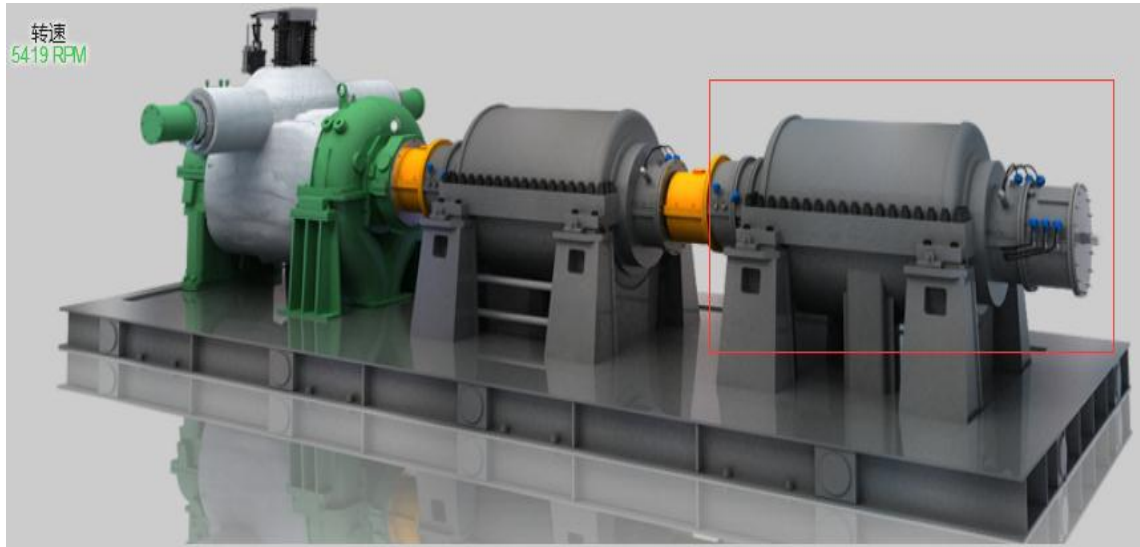


图 1 产品气压缩机总貌图

产品气压缩机高压缸设计技术参数详见表 1：

| 高压缸参数表 |                          |      |            |
|--------|--------------------------|------|------------|
| 额定转速   | 6016RPM                  | 额定功率 | 4.624 MW   |
| 进口压力   | 0.7324 MPaA              | 出口压力 | 3.124 MPaA |
| 设计流量   | 70830 Nm <sup>3</sup> /h | 介质   | 工艺气        |
| 进口温度   | 39.9℃                    | 进口温度 | 89.2℃      |

表 1 机组主要技术参数

## 二、 故障现象

机组 2016 年 10 月 16 日启机时，高压缸平稳运行时振值在 6 $\mu$ m~10 $\mu$ m；2016 年 10 月 25 日起，高压缸两端四通道振动值出现振动波动现象。

## 三、 故障分析

图 2、图 3 为高压缸振动趋势图，自 10 月 28 日起高压缸振动值出现明显波动，且振动波动现象没有明显规律，振动波动时振值最高达 23 $\mu$ m，虽然整体振值不高，但却是平稳运行振动的 2 倍，不利于机组未来长久运行。

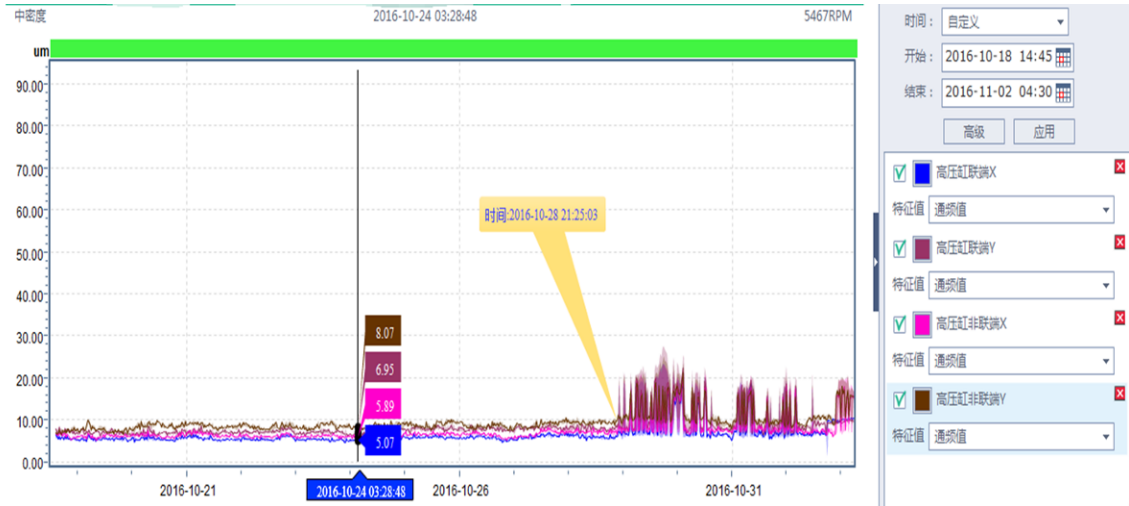


图 2 高压缸通频值趋势图

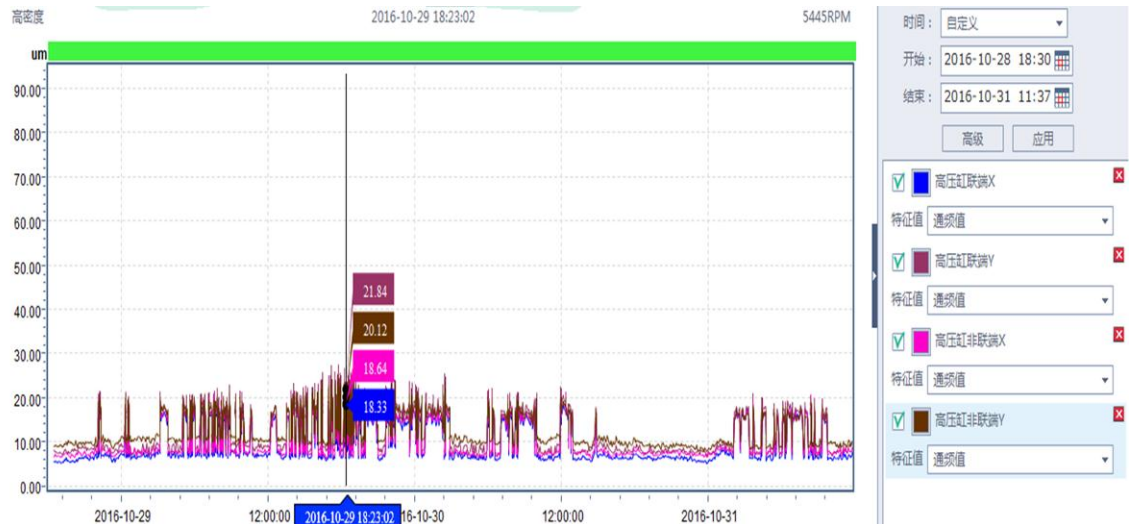


图 3 高压缸振动趋势图

图 4~图 6 为高压缸 1X、2X、0.5X 趋势变化情况，从各频率趋势情况看，1X、2X 趋势稳定，0.5X 趋势与振动波动现象相吻合。

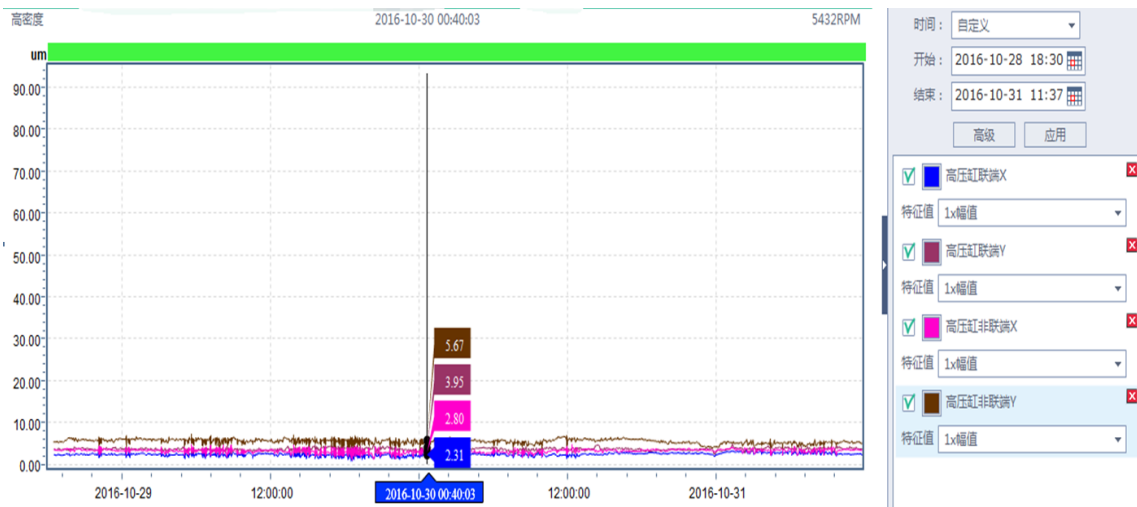


图 4 高压缸 1X 趋势图

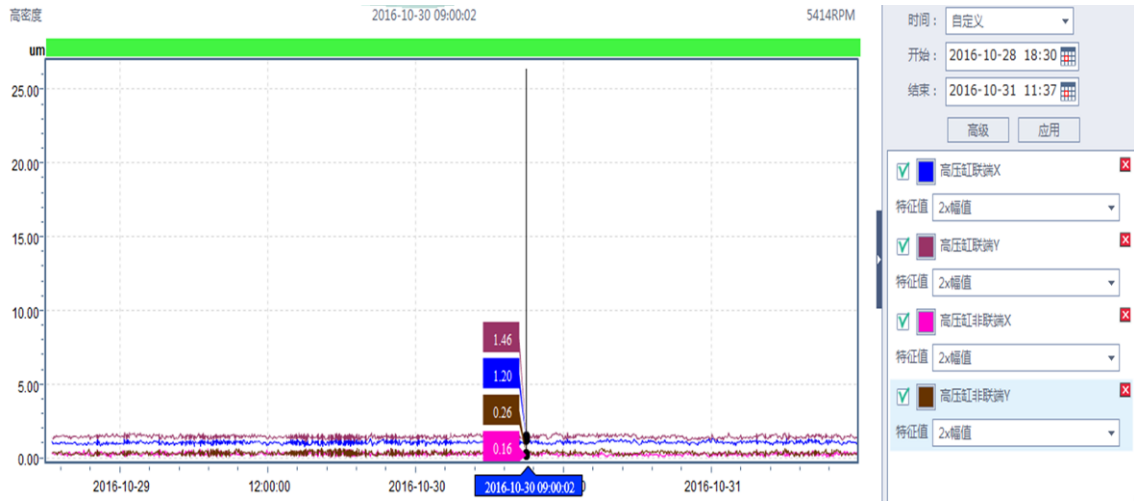


图.5 高压缸 2X 趋势图

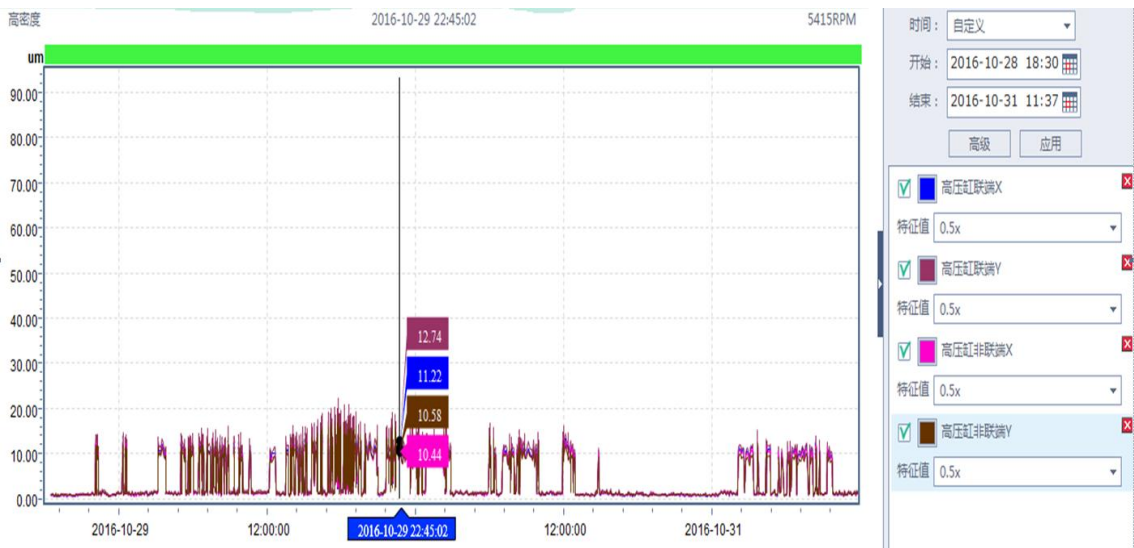


图 6 高压缸 0.5X 趋势图

图 7~图 10 为高压缸振动值上升后的频谱分析图,从波形频谱图中可以看出,其振动值的波动现象主要以 0.56X 及其附近频率的上升为主,从频谱特征上分析可能与高压缸内腔中气流状态有关。

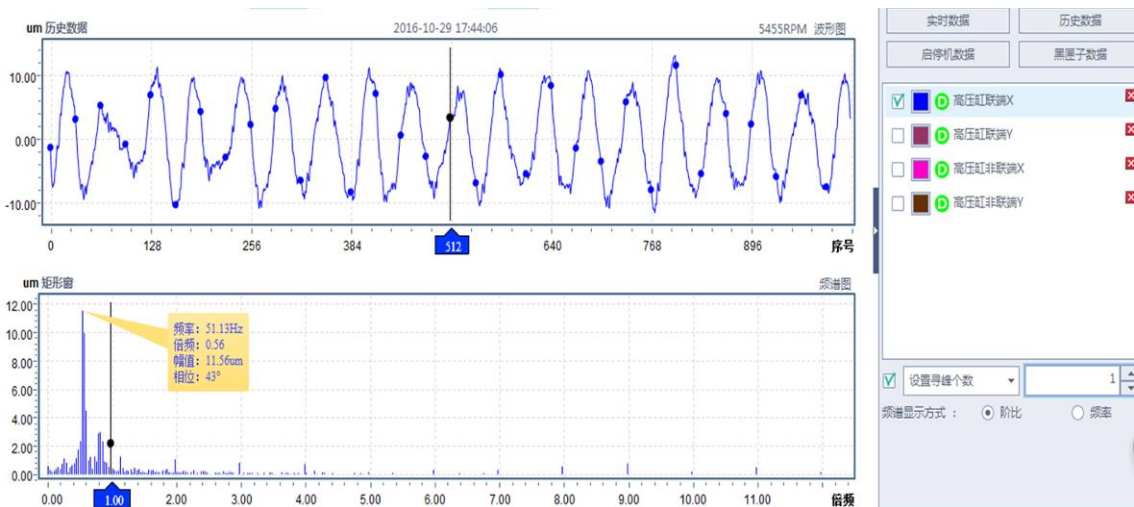


图 7 高压缸联端 X 波动频谱图

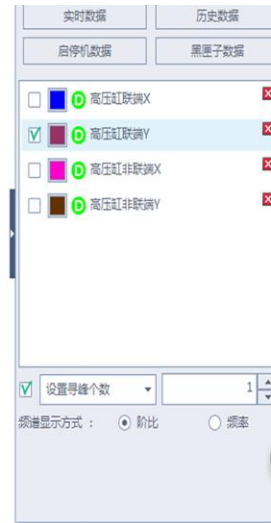
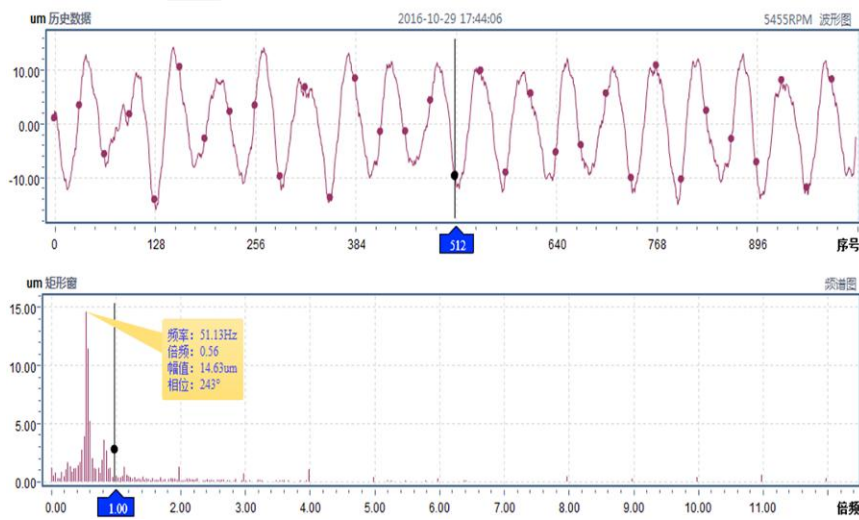


图 8 高压缸联端 Y 波动频谱图

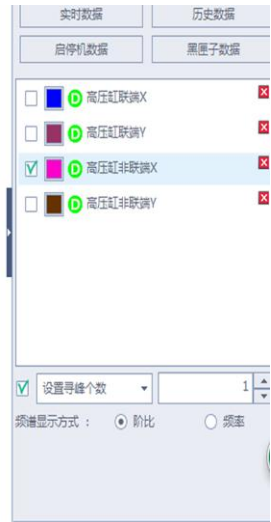
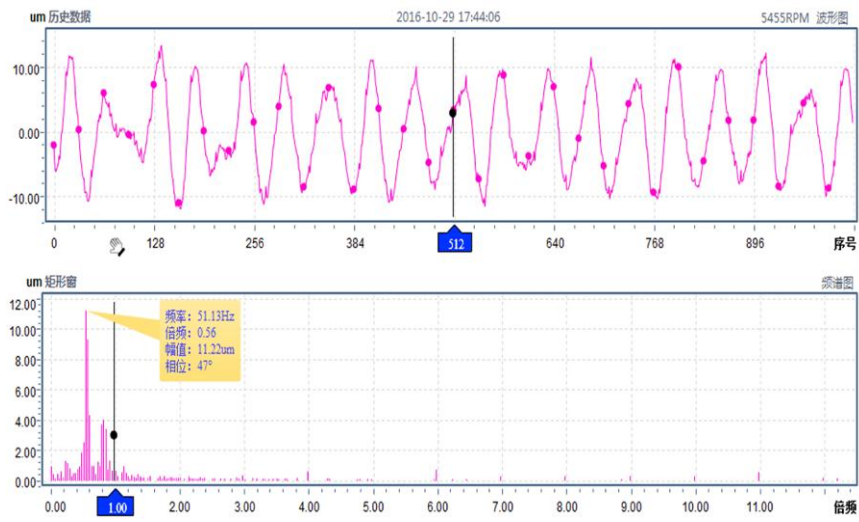


图 9 高压缸非联端 X 波动频谱图

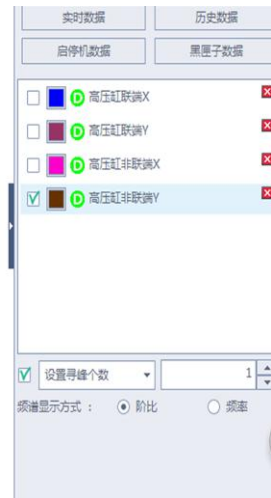
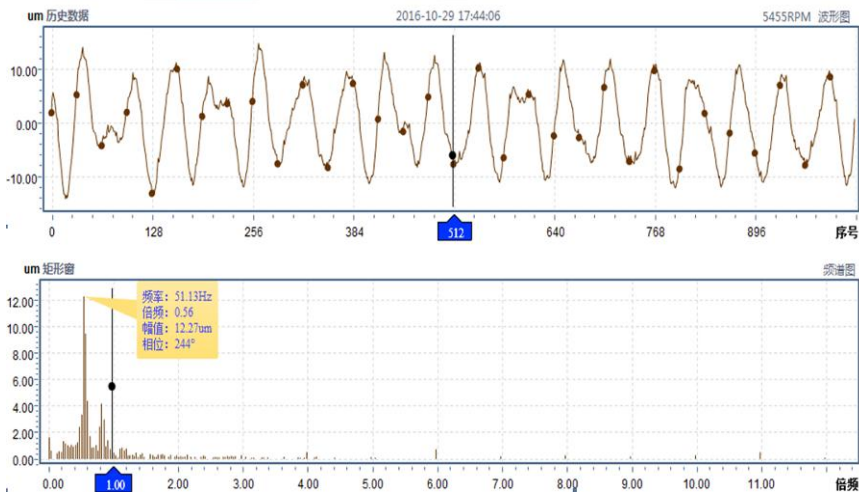


图 10 高压缸非联端 Y 波动频谱图

图 11 为高压缸两端轴心轨迹图，其轴心轨迹紊乱，并存在反进动现象，说明其振动上升时刻有摩擦现象发生。



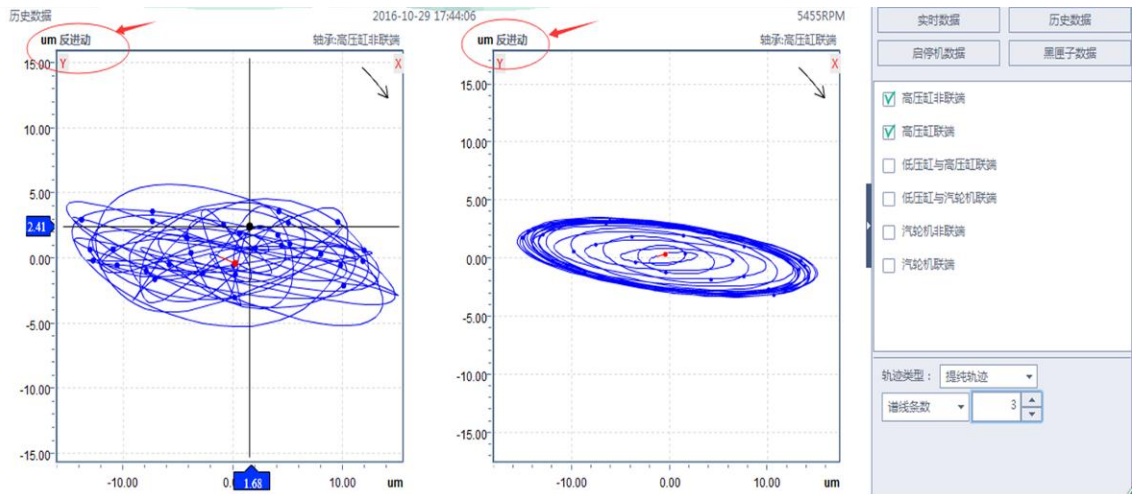


图 11 高压缸两端轴心轨迹图

综合频谱及波动特征看，判断故障原因为高压缸内进气量偏低导致气流扰动，使转子动态失稳动静件发生碰摩。

根据分析判断的结果，第一时间与现场人员沟通，交流现场工艺情况，发现故障现象与现场 DCS 控制系统中显示的高压缸出口流量显示恰恰相反，目前高压缸流量明显高于设计流量值 如图 12 图 13 对比所示。

高压缸设计参数，其设计流量为 70830 Nm<sup>3</sup>/hr，目前流量 83456Nm<sup>3</sup>/hr，明显大于设计值，实际工况显示“超负荷”运行。但是高压缸的实际转速 5421RPM，并未达到机组额定转速 6016RPM；同时我方又进一步询问了现场的汽轮机蒸汽耗量等参数，均处于额定设计值以下。

同时综合故障特征频率，我方提出疑问怀疑现场 DCS 系统中压缩机出口流量数据存在错误，并明显高于实际流量。

产品气压缩机-2 机组参数

| 高压缸参数                    |                  |               |       |
|--------------------------|------------------|---------------|-------|
| 产品型号:                    |                  |               |       |
| 机器位号:                    |                  |               |       |
| 工作转速 r/min               | 6016             | 旋转方向 (从进气端看)  | 顺时针   |
| 一阶临界转速 r/min             | 3747             | 二阶临界转速 r/min  | 13873 |
| 额定功率 MW                  | 4.624            | 介质            | 工艺气   |
| 进口压力 MPaA                | 0.7324           | 出口压力 MPaA     | 3.124 |
| 进口温度 °C                  | 39.9             | 出口温度 °C       | 89.2  |
| 设计流量 Nm <sup>3</sup> /hr | 70830            | 转子跨度 mm       | 2720  |
| 转子重量 kg                  | 945.87           | 止推轴承类型        | 金斯伯雷式 |
| 支撑轴承类型                   | 可倾瓦              | 止推轴承间隙 mm     | 0.35  |
| 驱动端支撑轴承间隙 mm             | 0.21             | 非驱动端支撑轴承间隙 mm | 0.16  |
| 轴端密封形式                   | 干气密封带中间迷宫密封，双向旋转 |               |       |
| 轴振动报警值 μm                | 65.5             | 轴位移报警值 mm     | ±0.5  |
| 轴振动联锁值 μm                | 88.9             | 轴位移停机值 mm     | ±0.7  |
| 润滑油压力 Mpa                | 大于等于 0.25        | 润滑油温度 °C      | 43-48 |

图 12 高压缸参数图

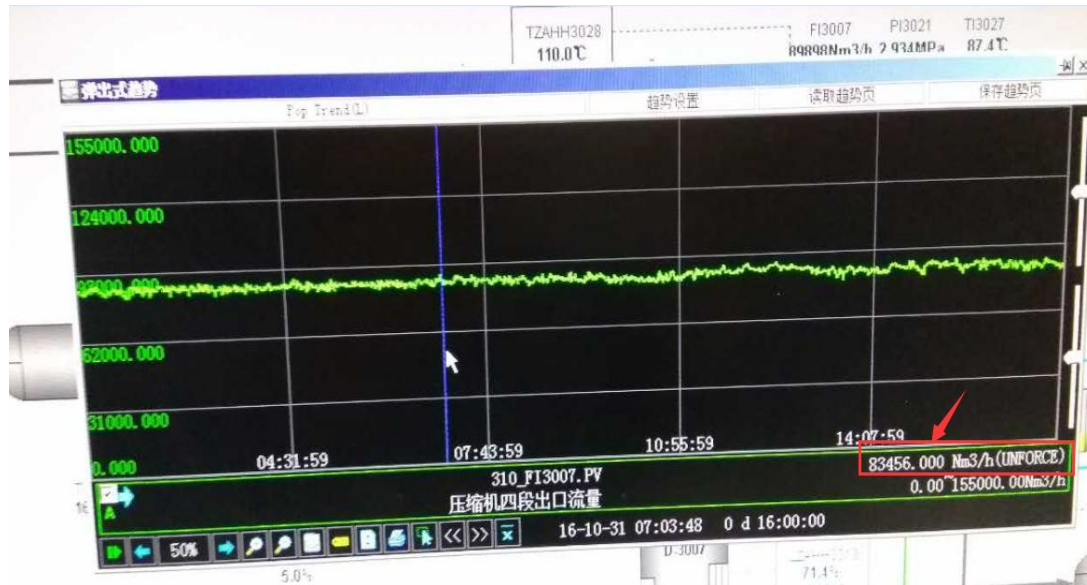


图 13 高压缸 DCS 显示流量趋势图

#### 四、 结论建议

综合频谱特征及现场工艺量情况，给出结论，判断压缩机高压缸振动波动现象由进气量不足、负荷偏低引起。

根据高压缸设计结构及相关气路布置图，提出将“防喘振阀四回四”阀门打开，将其开度缓慢提高至适当值，可解决目前振动波动情况。

同时在处理此事件时，我方怀疑该机组 DCS 上流量显示存在错误的问题，提高防喘振阀开度，压缩机流量值将继续升高，建议现场联系 DCS 控制系统厂家，重新设计校准该组态数据。

#### 五、 故障处理

图 14 所示，11月2日，现场人员采纳我方诊断建议，将“防喘振四回四阀”开度缓慢打开至 20% 后，其振动波动现象消失，整体振动幅值低于  $10\mu\text{m}$ 。

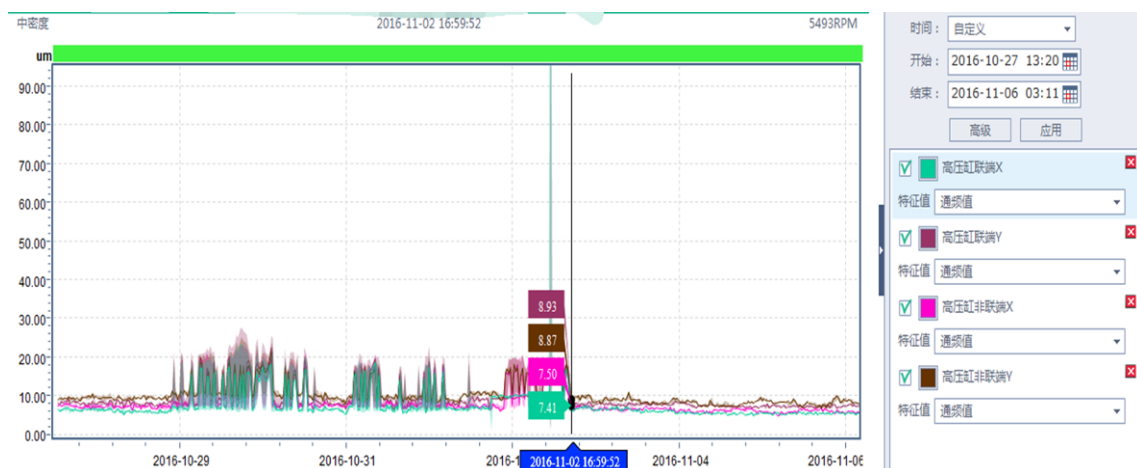


图 14 高压缸调整后振动趋势图

图 15 所示，处理后，DCS 显示流量增加至  $97850 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。

后经现场负责人员反馈，该压缩机 DCS 控制系统中流量示数经与厂家联系重新核算后，的确存在组态错误，显示的流量值大约是实际流量的 1.6 倍。

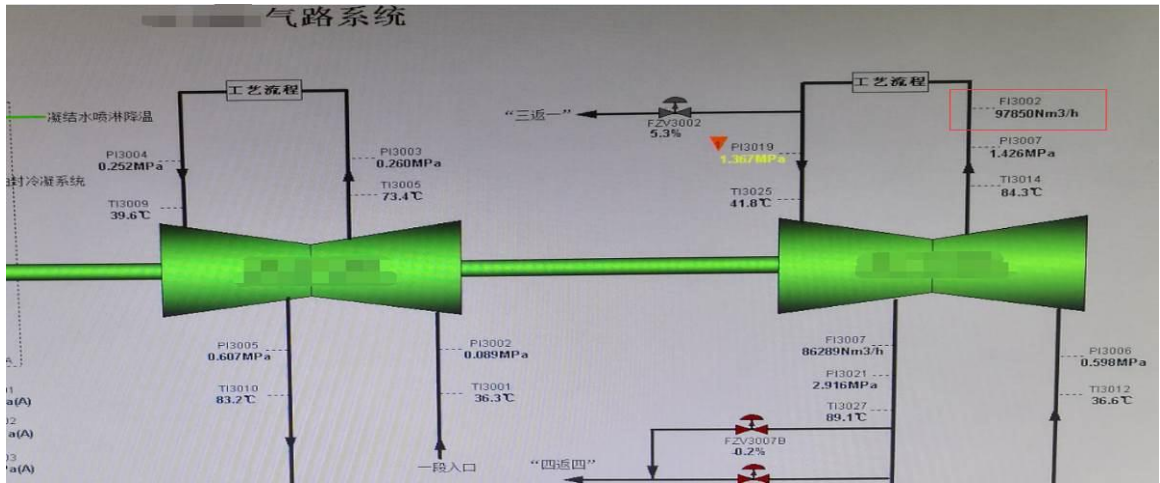


图 15 机组控制系统 DCS 实拍图