# 原料气压缩机运行中故障消除与阶段性整改

杜卫星（山西晋东新能液化天然气有限公司，山西　阳泉　045000）

**摘　要：**本厂原料气压缩机为二列一级平衡式压缩机、气缸无油润滑，双作用水冷式。布置方式为单层布置。主要参数：排气量 15.1m³/min、吸气压力 2.4MPa（G）、排气压力 5.5MPa（G）、吸气温度 30℃、排气温度 96℃、润滑油压力 0.2MPa（G）、压缩机转速 990r/min、轴功率 774kW、活塞行程 150mm 气缸直径 250mm 传动方式为联轴器直连。

**关键词：**压缩机；气阀；振动；整改

## 0 引言

主电机参数：型式高压三相异步电动机、额定功率 900kW、额定电压 10000V、额定电流 63A、额定转速 994r/min、防爆等级 ExeIICT3 Gc、防护等级 IP54。

主要结构：机体由机身和中体组成，机身为完全对称平衡式，机体装有曲轴、连杆、十字头。主轴承采用滑动轴承，为分体上下对开式结构，为薄壁瓦。本机设有两个气缸，均为双作用、双一级压缩，进、排气口均为上进下出。带干式活缸套，气缸采用水冷却式结构。活塞部件由活塞杆、活塞体、活塞环组成。气阀采用闭式网状阀结构气阀。

其他辅助系统还包括运动机构润滑系统、压缩机辅机（脉动抑制装置）、冷却水系统、气管路系统（过滤器、止回阀、安全阀）、仪表及自动监护系统、气量调节管路（压开吸气阀调节、回路调节系统）。

本厂的核心设备之一原料气压缩机根据工艺包设计要求，一备一用 A/B 机，该压缩机的进口压力和排气压力分别为 2.5MPa 和 5.6MPa，压比为 2.24，增压能力为 50–55 万 Nm³/h。在试生产的实际过程中，运行中振动偏大，多次造成引压管、排气缓冲罐排污管、引压管阀门阀杆和进气缓冲罐引压出口管断裂；配套电机的运行电流在未完全达到增压能力的情况下时常出现超过额定电流的情况等，无法保证安全稳定运行，公司和压缩机生产厂家为满足液化生产增压的需要进行不同阶段的技术改造。

## 1 技术改造更换设计部件情况

①原料气压自 2017 年 11 月调试运行后，原料气压缩 A/B 多次由前期缺陷导致设备在运行中出现问题并停机检修，并在厂家的积极配合下解决相关问题。压缩机 B 出现大小连杆瓦、十字头滑道接触测磨损严重。随后将设备中曲轴、大小连杆、十字头返厂检查。后于 2018 年 3 月 6 日为压缩机 B 更换新十字头、大小连杆；② 2018 年 3 月鉴于原料气 B 运行情况对原料气压缩机 A 进行技术改造：更换 A 机大小连杆瓦、活塞；③ 2018 年 5 月发现原料气 A 由于左右两侧填料漏气，随后厂家委派技术人员到现场更换填料环。2018 年 6 发现原料气 B 机也出现漏气原因，由现场技术人员与设计部更换填料盒、填料环及 O 型圈；④ 2018 年 6 月原料气 B 机由于厂家技术改造更换新的曲轴及大小连杆瓦，运行一个月后 2018 年 7 月更换 A 机曲轴，11 月初更换 A 机大小连杆瓦。在运行期间排气阀阀片多次出现损坏情况，其运行时间均不足 4000h。

通过综合分析，压缩机运动部件设计和材质缺陷是根本原因，另外也应加强安装调试过程中跟踪监督，严格验收环节。日常运行中也应加强对技术管理及维护保养等环节的重视。

## 2 振动整改及遗留问题

试运行以来，发现原料气压缩机管道振动偏大，为此公司召开专题会议并提出了整改方案。对比脉动和振动分析计算的结论一致认为可以通过设置孔板，加固防振支架来解决现场振动问题。

### 2.1 管道振动整改

#### 2.1.1 方案要求

①往复压缩机管道系统的支架应采用防振管卡或固定支架，不能采用简单支托，更不能采用吊架。支架的材料一般采用 Q235B；②防振管卡不得采用 U 型螺栓式管卡，应用扁钢制作，在薄弱位置焊接筋板以增加管卡的刚度，并且防振管卡与管道间应垫衬一周 2mm~3mm 橡胶垫；③若采用带管托的防振管卡，则管托底板必须与其生根部位焊接牢固，不能简单放置；④防振支架应设独立基础，避免生根在压缩机及其电机的基础、操作平台和厂房的梁柱上，以防止相互影响扩散振动；⑤防振支架的结构和支架的生根部分应具有足够的刚度；⑥支架立柱应采用大规格 H 型钢或钢筋混凝土制作以保证其足够的刚度和强度

满足以上几点要求，才能保障往复式压缩机管路系统的振动得到有效控制。

#### 2.1.2 具体实施整改项

①支撑底座满焊；②支撑管卡加固；③每台压缩机在特定三个位置增加水泥支撑，并将进气管线和排气管线的支撑更换为水泥支撑。

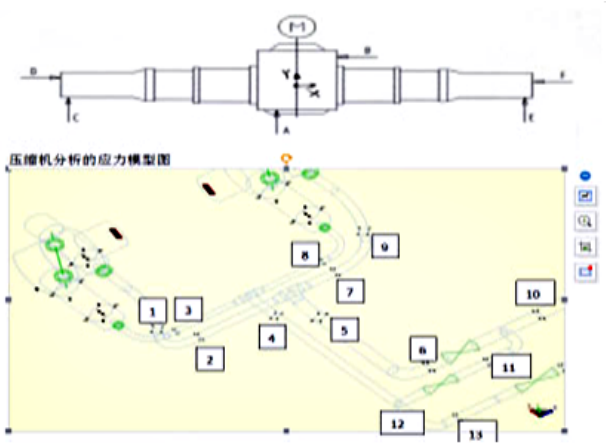
#### 2.1.3 截止到 2018 年 8 月对原料气压缩机管线振动技改全部完成，分两次整改

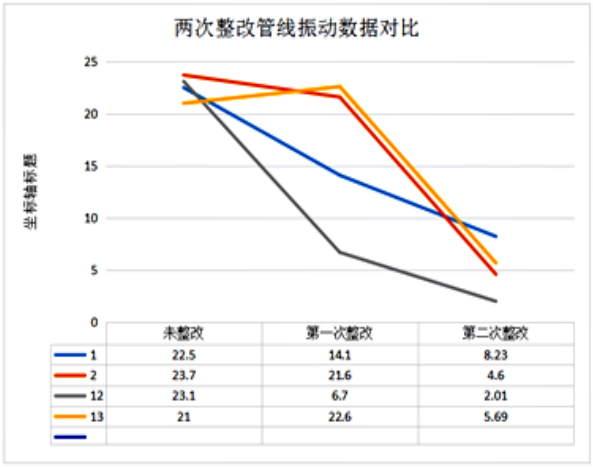
原料气压缩机第一次整改：①原料气压缩机 A/B 根据压缩机厂家要求入口缓冲罐前加孔板；②进气缓冲罐管线部分管卡加装枕木式管卡；③各仪表管线加装支架；

④缓冲罐各排气压力根阀装加强版；⑤检查地脚螺栓紧固；⑥将部分管卡进行加固。

原料气压缩机第二次整改：①按整改方案增加水泥墩支撑；②将进排气管线所有支撑改为水泥墩支撑；③将全部管卡进行加固；④支撑底座满焊。

### 2.1.4 整改前后数据对比




| | 未整改 | 第一次整改 | 第二次整改 |
|---|---|---|---|
| 1 | 22.5 | 14.1 | 8.23 |
| 2 | 23.7 | 21.6 | 4.6 |
| 12 | 23.1 | 6.7 | 2.01 |
| 13 | 21 | 22.6 | 5.69 |

管线 1、2、12、13 条形图分析，在两次整改完成后管线振动明显得到改善。

### 2.2 仪表引压管、钢支架及缓存罐的整改

原料气压缩机 A/B 进排气缓冲罐振动无明显改善( 轴向，径向振动值在 29mm/s 以上，满负荷后 )，A 字钢支架振动明显振动值均在 35mm/s 以上。现仪表管先后 7 次振断。

### 2.2.1 仪表取压管的整改方案要求：

①取压点位置应设置在距离缓冲罐较近的管线上；②取压管应采用 DN20 或以上的钢管与主管道连接；③取压管与主管道连接处应设置标准管箍进行补强；④取压管焊接好后应进行水压及探伤等相关检测工作；⑤管道上的取压根部阀应采用承插焊或者对焊的阀门形式，不应采用法兰阀，防止因法兰阀门重量较大造成振幅增加而导致引压管损坏。按照上述要求整改后，仪表取压管没有再出现类似振断振裂现象。

### 2.2.2 原料气压缩机右侧缓冲罐根阀先后两次出现振断情况

为保证原料气压缩机 A/B 的稳定运行我公司在 2018 年 12 月份对原料气压缩 A/B 进气缓冲罐 A 字钢进行了焊接加固处理（共计 4 个 A 字钢支架）消除了上述存在问题。

### 2.2.3 缓存罐裂缝及其他整改

原料气压缩机 A/B 进出口排气设计压力分别为 2.5MPa 和 5.6MPa 压比 2.24。现场调试运行期间核实：在不超电流的情况下运行负荷为进口压力 2.15MPa 出口压力为 4.85 压比为 2.2 无法达到设计，压缩机电机超电流最高为 69A（额定电流为 63A）。2019 年由于是液化厂满产运行，没有对压缩机进行过大的改造，2020 年听取厂家的意见更换了某国产品牌的气阀后提高出口压力进行测试，出口压力提高到 5.0 左右进行了 48h 试验，运行中机体和部分管道出现振动值明显偏离设计值，两个压缩机进气缓冲器与气缸连接的气口筋板与补强圈焊接处出现裂纹，导致气体泄漏，出于安全考虑，公司终止了上述试验。

裂纹原因分析：根据 GB150.4《压力容器制造、检验和验收》规定，容器的组装中不允许存在强力组装，对中及找平现象。经过现场查看，发现出现裂纹的进出气口配对法兰有明显错边现象，并且错边量很大，说明此处法兰及管道属于强力组装，使容器接管法兰位置存安装应力，导致筋板与接管及补强圈焊接处存在较大附加应力，长期运行后在应力集中位置开裂。

处理方案：①将合格的接管与法兰进行焊接，焊接后对 B 类缝进行射线检测，II 级合格，将出现裂纹接管级架构筋板去除，对出现裂纹的补强圈进行挖补修复，并打磨坡口，坡口应修磨见金属光泽并经表面检测合格后进行焊接，焊接采用氩弧焊打底，执行全焊接工艺，焊接后做表面检测合格。支行进行水压试验，合格并将内部残留水分吹干后，对修补喷漆，更换接管完成；②将所有缓存容器口筋板去除，筋板起加固及预警作用，不参与容器开孔补强，属于非受压元件，所有容器测温测压口增加筋板。

随后公司把缓冲罐返厂维修，拆气阀检查，另外更换进口某品牌气阀，通过上述一系列整改措施，投运压缩机到现在一直平稳运行，由于气阀是经过计算机精确计算和设计，对气阀参数及工作条件的任意改变，都会直接影响气阀的正常工作和使用寿命以及机体运行的稳定。因此必须对气阀的制造、装配、使用及检查维修给与足够的重视。目前出口压力设置在 4.6MPa 附近，压缩机电流保持在 58A，回流阀开度 40% 左右。一直稳定运行。

### 2.3 余隙调节

通过上述一系列阶段性整改后压缩机进入平稳运行阶段，但回流阀开度较大，能耗较高。通过对压缩机变频和压缩机气缸余隙调节两个方案进行对比分析，最后选定余隙调节作为改造方向。笔者将继续跟踪改造后的效果及影响，为工程技术人员提供学习及参考资料。