

# 往复式天然气压缩机组维护数据应用价值深度研究分析

樊兴科（北京杰利阳能源设备制造有限公司，北京 100000）

**摘要：**天然气压缩机组日常维护过程中会产生很多数据，而数据的规律从未深入研究分析，只是针对某一故障而进行单一分析，结合设备维护数据特性，数据的正常与否都有很大的区间范围，只要在范围内，就不会做分析，这样就导致好多数据闲置未有价值，致使现场部分服务工作价值未充分体现，本文主要从设备维护管理数据类型及客户管理需求方面，深度挖掘设备维护数据的价值，促进和提升设备维护管理水平，同时结合智能化工具，提高设备安全运行可靠性及降低设备维护成本。

**关键词：**天然气压缩机；智能化；维护成本；数据分析；应用价值

## 1 概述

大数据时代，各企业更多的关注点是消费数据、使用数据、营销数据等一些快销数据，相比较对于传统机械设备的运行维护数据相对较少，传统的设备维护管理多数还是依靠专业技术专家进行分析，一是行业的特性，二是数据相对专业分析成本高，而依靠人分析的数据，只是为了解决实际发生的问题，而对于那些正常的数据仅仅是作为资料存档，随着智能化的进一步开拓与发展，传统的技术服务工作逐渐显露出其短板，传统的设备服务工作本身特性“单一枯燥、重复性高”，而所需经验需要时间积累，因此人才的培养相对困难，每一个岗位核心骨干的流失，对于企业来说都是一个痛点，如何结合数据特性使得现场技术骨干的工作价值得以体现，顺应市场的发展趋势，以数据为导向，逐步优化各项设备维护指标体系，从设备维护管理、运行维护、预防维护、升级改造等形成闭环管理模式；即研究新型精神价值和物质价值相结合的压缩机技术服务管理模式，成为一种必然趋势。

尤其近年来，往复式压缩机市场逐步饱和，进入细分市场竞争模式，各大服务厂商不在为了市场而加大扩展脚步，而多数转为更精准和细致的服务质量提升方面，如何更精准和细致的给用户提供服务，从细分服务市场模式上，为企业创收效益；此时早期的维护数据就显得尤为重要，压缩机虽然是冰冷的，但他跟人一样，每一个数据的微变化或者大变化，都在预示着它生病了，即使它外在表现正常，就像人一样有大小病之分，小病如果不及时治疗就会酿成大病，造成经济损失，而如何判断压缩机的病状规律，维护数据的规律就显得很重要，因此压缩机维护数据的深度分析具有十分重要的意义。

## 2 现有维护成本数据分析

压缩机日常维护过程中，主要核心数据有设备定期巡检维护记录数据、设备故障维修数据及设备预防维护保养数据。目前所有数据都是单一存在分析，未有相互交叉分析，原因是不同部门在负责，致使好多数据闲置未有价值，仅是一份备查资料。尤其纸板维护资料，如巡检记录、各种检修、保养、改造方案，均未系统化分析；即各项工作的评判指标相对单一，只有完成与未完成两种状况，未有持续化提升管理措施，侧面也表现出一个现象，即人员的价值体现相对单一，尤其随着工龄的增加，老员工的工作价值明显低迷，究其原因主要为精神价值未体现，即自己所付出的劳动成果太单一，如果将所有工作的成果与管理、激励措施相结合，应该能取得好的效果，类似于营销管理模式，而要实现这一切的纽带就是设备维护的各项数据相互关联，使得各项工作的价值相关串起来，形成良性的设备技术服务生态体系，使得全员都参与这个过程及享受付出与回报的价值感。

## 3 压缩机相关成本数据分析

### 3.1 压缩机运维产生的数据说明

压缩机组数据的本身价值主要是为了判断设备运行可靠性及提供技术管理决策，而作为服务厂商最重要的关注点是工作投资成本和客户生产需求的满足。服务厂商工作投资成本主要表现为日常工作量和效益产出比，压缩机组主要维护工作量为设备日常巡检及资料填写、设备故障维修、设备定期预防维护保养、设备升级改造及组织运维管理，具体如下：

①设备日常巡检及资料填写，目前主要服务模式有巡站保运模式，即在压缩机组场站就近区域设立服务站点，定期巡检维护；驻站保运模式，即在集气站内 24h 巡检维护；两种服务模式产生的主要数据有，

设备运行参数、油水消耗记录、启停机记录、参数调整记录及设备状态点检记录；②设备故障维修主要为设备运行存在隐患，分为正常停机维修故障和故障停机维修类故障，主要产生的数据为故障维修记录表，典型故障分析报告；③设备定期维护保养主要为压缩机组连续运转一定周期后，按照厂家技术手册要求进行的预防性维护保养，主要产生的数据有检修保养日志、压缩机组部件更换台账、部件配合间隙测量值、部件磨损记录值；④设备升级改造主要为随着设备老旧化，针对局部性能进行升级改造，主要产生的数据有改造工作日志、性能提升数据对比、改造内容列表及项目评估报告。

### 3.2 数据价值研究

针对每类数据，结合现在的工作内容，理论分析每项数据可能产生的价值。

#### 3.2.1 巡检类数据

设备每次巡检都需要填写设备运行数据和点检表，目前这项数据仅作为评估维护人员巡检质量和制度执行落实依据，未真正的体现出应有价值，尤其所服务的压缩机组种类较多，巡护内容及标准多数为手册要求，修订周期较长，而压缩机组随着长时间运行，部件会逐步性能下降，同时每台机组的劣化程度不一样，一直沿用一样的巡检标准，存在过度维护和维护不到位的缺陷，未实现动态化管理。针对目前存在的问题，技术服务的核心宗旨是为用户提供优质的技术服务，唯一评判标准是设备运行性能质量，因此可运用质量 PDCA 管理循环，最大化发挥巡检数据的价值。

运用 PDCA 流程，使得现场服务人员参与到巡检维护设备内容及标准修订过程中，同时现场工况调整或老旧化设备维护内容还是机械式的沿用以前的技术标准巡护，致使设备频繁故障，频繁维修，造成成本浪费，也影响服务企业的声誉。同时巡检维护数据的积累，可及时掌握设备全生命周期性能劣化状态（如季节交替，设备运行状态的变化通过数据可直观的反映出来，同时相对应的巡护内容变化，或者机组老化率对设备生产效率的影响和变化）；同时可高效激发现场维护人员的工作价值感，如若在配套科学的奖惩激励措施，效果更加突出。

以压缩机组 13 年来的生产效率劣化趋势，前 5 年为设备生产效率高发期，主要评判指标为压缩机组日生产量与设计产量的对比，分析样本量有近 200 台往复式天然气压缩机组，生产量与设备运行安全可靠相结合的方式核算，如压缩机组轴功率，新压缩

组轴功率 100% 时，设备可以安全稳定运行，随着设备性能劣化，轴功率在 90% 左右时，设备可以安全稳定运行。

测算方式如下：

$$V = P_2 * \Delta p / P_{\max};$$

$$P_3 = (P_1 - P_2 * \Delta p) / P_{\max}$$

$P_1$ —设计轴功率； $P_2$ —设备实际运行功率； $P_3$ —功率损耗率； $P_{\max}$ —当前运行状态下设备最大可接受的功率； $\Delta p$ —压缩机劣化变量（取值 0-1）； $V$ —生产效率。

通过设备维护大数据分析可得出不同工况气质条件下  $\Delta p$  的变化规律， $P_1$  可在设备技术手册内查到， $P_2$  和  $P_{\max}$  可通过对应机型设计选型软件测算得出，唯一的变量是  $\Delta p$ ，即通过维护数据分析设备劣化的规律，从而制定针对性的预防管控措施，消除  $\Delta p$  对压缩机安全稳定运行的影响。

#### 3.2.2 检修保养数据

设备定期维护保养都需要填写对应的检修保养方案，过程中主要记录数据有部件的磨损值、配合间隙及零部件修复更换数量，目前只是作为记录和资料存档，未做系统的分析，结合数据特性以及 PDCA 质量控制循环，使得数据为管理和预防提供决策。

通过数据使得设备维护形成闭环管理，使得每次的保养数据得到最大化价值输出，掌握不同区域、不同压缩机运行工况下零部件的磨损轨迹，制定有效的预防管控措施，延长部件使用寿命，提升设备运行安全可靠。

对比不同气质工况下全生命周期活塞杆的磨损量趋势图，如活塞杆为压缩机组核心部件之一，主要作用有动力活塞燃烧往复做工，压缩活塞往复生产采气，更换成本较高。经过数据统计分析，工艺气质工况好的机组活塞杆使用寿命近 50000h，工艺气质工况差的站点活塞杆使用寿命 12000h 左右，工艺气质相对好的机组活塞杆使用寿命 24000h 左右，结合多年的数据分析，最终确定活塞杆的检维修周期为 24000h。同时制定有效的维护措施，大部分机组活塞杆使用寿命平均在 32000h 左右。

数据统计模型分析如下：

$\Delta n$ —工艺气质情况（不可改变的生产现状）， $R$ —活塞杆标准直径， $r$ —测量值， $\Delta R$ —磨损值。标准活塞杆磨损值  $< 0.013\text{mm}$ 。

$\Delta R = (R - r) / \Delta n$ ，主要研究  $\Delta n$  的影响，找寻规律，通过缩短维护周期或研究活塞杆材质从而有效

延长活塞杆的使用寿命。

通过数据发现,工艺气质对活塞杆的使用寿命影响巨大,寿命基本接近2倍关系。工况气质 $\Delta n > 1$ 时,活塞杆平均在32000h时磨损突然加剧,即活塞杆的疲劳期基本在32000h,随后磨损值明显加大,即 $\Delta n$ 的研究,至少可延长活塞杆使用寿命8000h,对于设备维护管理具有实际的经济效益。

### 3.2.3 设备故障数据

压缩机组在日常生产运行过程中,难免会发生各种故障,主要分为巡检时发现的运行隐患正常停机维修和设备被动报警停机类故障,主要产生的数据有设备零部件故障发生的频次、故障维修用时、失效零部件更换数量、损坏或失效的原因,其中故障维修时间是评判维修效率的核心指标,时间越短,生产恢复越快,反之对于生产就是一种经济损失,统计分析单次故障维修用时是非常重要的,尤其作为专业的技术服务厂家,优质高效的服务品质是我们立足市场的根本,结合数据特性以及PDCA质量控制循环,使得保养数据为管理和预防提供决策,实现动态化闭环管理模式。

通过PDCA流程使得各项细分数据库得到最大化价值输出,建立动态化设备维护维修管理机制,同时过程中积累的成功与失败案例,是企业最重要的宝贵财富,为企业的人才梯队成长和技术传承提供有力的技术支撑。

### 3.3 综合数据分析价值

单一的数据产生的价值较单一,为了发挥数据的最大价值,将以上的核心数据进行综合分析,建立完善的数据动态闭环管理体系。综合数据分析,可最大化将各项设备维护内容,以数据为媒介进行相互关联,使得各项数据发挥最大的价值,通过分析找出影响设备安全稳定运行的因素,建立动态维护管控措施,从而使得设备维护管理水平上新的台阶。

通过分项数据分析,影响设备安全稳定运行的主要因素有设备劣化率 $\Delta p$ ,工艺气质 $\Delta n$ ,不同区域零部件磨损规律 $\Delta R$ ;而 $\Delta p$ 的主要影响因素为 $\Delta n$ 和 $\Delta R$ 。 $\Delta R$ 也受 $\Delta n$ 的影响, $\Delta n$ 为不可控因素,不同生产区域 $\Delta n$ 的影响不同,对设备的稳定性影响不同,当然人员的维护技能和措施也是很重要的因素之一。

## 4 设备数据价值智能化分析研究

随着智能数据时代的到来,传统基于人进行的数据分析,可通过软件建模实现计算机智能计算分析,使的分析结果更高效,更准确。而评判设备稳定运行

的核心指标为设备运行率、设备完好率、设备故障率及设备维护成本。

设备运行率 $\Delta T = \text{设备本次运行时间} T / (\text{设备本次运行时间} T + \text{故障停机用时} t)$

设备故障率 $\Delta G = \text{设备停机用时} t / \text{设备应运行时间} T_{\max}$

设备完好率 = 完好设备台数 / (完好设备台数 + 故障设备台数)

设备维护成本  $C = \text{周期内设备零部件消耗费用} + \text{技术服务费用} + \text{设备能耗费用}$

结合压缩机组的核心运行指标及设备维护过程中产生的数据,将目前线下的所有数据转为线上,通过数据建模分析如下技术服务功能示意图,可将压缩机全生命周期的使用轨迹、维护数据、配件寿命等数据进行智能化分析,通过数据提前诊断分析设备运行状态,提前预防维护,保护核心部件的使用寿命,降低设备维修配件成本;其次根据数据科学的修订维护周期,防止设备过度维修,降低设备维护成本;同时将基础的数据整理工作交由智能云数据系统处理,解放劳动力,促进生产力;使技术人员做更具高价值的工作,降低人力成本,全面提升设备维护管理水平。

同时实时掌握设备核心指标动态趋势,提高决策效率,并围绕指标动态趋势建立新型以数据分析为导向的闭环动态技术管理体系,最大化发挥人的价值和智能设备平台的作用,形成自主设备维护管理云数据库,实现压缩机维护动态化管理,提高工作效率和维护质量水平,降低生产运维成本。

## 5 结语

经过对压缩机组运行维护数据的深度分析,发现压缩机运行数据对设备安全稳定运行、设备维护技术措施及设备维护成本具有重大意义,通过数据分析,可及时掌握零部件全生命周期的劣化规律、设备维护成本规律及压缩机劣化规律,从而建立动态化压缩机技术维护管理生态体系,对传统的机械设备服务厂商具有深远的意义,提质增效的同时全面提升设备维护管理水平。

### 参考文献:

- [1] 樊兴科. 往复式天然气压缩机智能化维护模式探索分析[J]. 化工管理, 2020(31):153-154.
- [2] 陆朝荣, 施毅. 设备故障率和设备维修策略[J]. 石油化工技术经济, 2004(03):20-25.
- [3] 朱勇. 提高设备维护水平的措施探析[J]. 四川水泥, 2015(6).