

# 测井设备维保体系建设与实施

吴俊祖<sup>1</sup> 赵 曦<sup>2</sup>

中海油服油田技术事业部塘沽作业公司 天津 300451

**摘要:** 在石油工业中,测井设备是技术的集大成者,专业性强,而同时由于其作业环境恶劣复杂,经受井下高温、压力、侵蚀、震动等,对设备损耗很大,维保工作十分重要。在测井业,向来有“三分作业,七分准备”的说法,其中可见维保工作重要地位。但怎么维保,预防性维保怎么做,这就要提到维保体系的建设了。在当下企业高质量发展的背景下,对于维保质量、效率、经济性也提出了新的要求。直接关系到企业的生存能力和竞争力,科学的维保体系及其实施就更加重要。本文旨在为维保体系建设及实施工作,提供参考思路,对于各类需要专业维保的企业均具有借鉴意义。

**关键词:** 测井;设备维保;维保体系;建设

## 0 引言

测井设备维保是一项重要而专业的工作,一般指代预防性维保工作。因测井设备结构相对复杂,单支设备包含数百至数千电子、机械元器件,同时设备为流动式作业,每次作业经历的操作、井况及时长都不相同,设备及部件性能受到的影响和性能损耗具有非常大不确定性,再加上能收集到的信息和检测手段有限,预防性维保要做出针对性、预判性维护,难度极大。从经济性角度看,维保会涉及到维保频次、深度及部件的强制更换,维保投入不足无法控制质量,进而导致作业市场损失;维保投入过度,又造成人力及物资的浪费,抬高企业的运营成本。此外,维保工作是靠人来完成的,是很多细节的组合,不同个体的认知和操作不同,维保结果也可能大不一样。综上,做好测井设备的维保工作,需要科学的、完整的、标准的维保体系。本文就测井设备维保体系的建设及实施提供一些建设性意见,也可供其他需要专业维保的工业设备企业参考。

## 1 维保体系主要内容

维保体系主要指决定和指导维保工作的机制、流程及方法,内容上一般包括维保策略、维保周期、维保流程、维保质控、故障处理及设备升级,一般体现为维保手册及维保制度。维保策略主要明确维保工作实施机制,是按日期、使用时长还是其他参数条件触发。维保周期主要明确维保工作的时机及频次,不同条件可对应不同等级。维保流程主要明确具体要做什么及怎么做,不同工作内容如何衔接。维保质控主要是管理机制,通过细化标准、执行记录、审核及检查确认等促进执行落实保障质量。故障处理主要明确故障处理机制,兼顾事后危

险,并关联至事前预防及策略升级;设备升级是对维保工作的补充和强化机制,主要是结合维保及作业问题,对设备进行改进和提升。

维保体系的具体化一般体现为维保手册和管理体系,前者一般以具体设备为单位,后者一般以业务维度为单位,分别从技术和管理的角度为维保工作提供支撑。其中维保手册覆盖内容较多,一般包括设备原理、技术指标、拆装步骤、维保策略、维保程序及检测方法、维保工具、图纸资料及配件信息等。维保管理体系一般需要针对通用环节明确责任和流程,结合企业的应用环境和实际特点,在维保手册的基础上,进行整合、补充、强化和配套支持。

## 2 维保体系的发展历程

随着生产技术的发展,测井设备维保体系及思路也在不断发生着改变。

第一阶段(上世纪50年代):事后维修模式。由于当时的测井服务相对单一,测井设备结构简单,设备故障后的结果也相对轻微;维保的核心思路是“设备坏了才修,不坏不修”。

第二阶段 上世纪60~80年代 仅从时间角度考虑预防性维修。测井服务不断朝着更高井温,更深井深进行探索。恶劣的作业环境对仪器设备的性能提出更高要求,而对仪器进行性能评价的手段较少,对仪器的性能分析主要从仪器使用时间的维度进行管理TBM(time base mastrategy)。但这种模式,只能通过加强维保来保障设备性能,未能准确分析到影响设备性能的主要指标,虽然提升了设备的可靠性,但是维保不足与维保“过度”情况同时发生;也造成了一定程度上的浪费;

第三代 上世纪90年代到现在 基于可靠性的维修模式。它借鉴了其他行业管理模式，特别是丰田的全员生产维修（TPM）及全面计划质量维修（TPQM），对维修提出了精益化的要求。体现的理念是：考虑设备使用安全性及设备维护经济性的统一，具体原则是：1 该修必修；2 需要时随时修；3 能不修就不修。

从维修模式的变化，可以看出，采用哪种维修方式，取决于不同时代对于设备质量及可靠性的要求，本质上是设备维护成本及选择不维护对设备性能损失产生的机会成本比较；而随着工业化的进程的发展，设备规模及联动效果不断增加，对于设备的要求是要保障设备不能出现故障；

目前，国内主流的测井服务公司设备维保体系处于二三代过渡阶段；

### 3 维保体系的制定

维保体系需要随新设备投入同步配套，因内容专业多元，制定参与者往往需要多专业人员共同参与，具体得结合企业分工和职能划分进行。单从专业角度论，技术方面至少需要研发、制造和维保专业的参与，管理方面一般需要设备管理职能单元的顶层设计。以下重点从技术角度对测井设备维保体系中的维保策略及流程制定进行说明。

#### 3.1 策略分级

测井设备预防性维保一般会划分若干等级，以对不同情况实施不同程度和针对性的保养，具体分级数量，需结合设备及其维保特征，如一级、二级、三级、四级维保，一般数值越大级别越高，难度越大，维保越彻底，周期也越长。不同级别会对应不同的维保对象及维保内容，一般而言损耗速度或概率相近的各部件单元纳入同一级维保，无特别保养要求或损耗因素的，也可统一划归单一级别。具体需要维保的环节、周期、和级别的划分定义，需要结合设计理论寿命及特征，实验及试作业损耗数据及实际经验综合确定。

以中海油 ELIS 测井设备为例，维保等级一般不超过四级，一级一般定位为设备直观维保，包括清洗、润滑、紧固、直观检查等，以及例行功能测试；主要针对于设备短期闲置，周转等情况，未进行井下作业；二级定位为局部拆解维保和功能测试，以及易损件强制更换；通常针对于易受井下作业环境影响的机械部门，或者是容易影响设备测井曲线质量的关键部件；三级以上是对设备的高级保养，三级定位为全面拆解维保、部件更换、信号检测及调校与功能测试；是对仪器性能进行全面评

估及恢复；四级定位为全方位维保、特殊部件或关键单元的维保或者制造级拆解组装重建。一般高一级的策略内容包含低一级的，也可以差异化定义，相应的各级别维保周期需与之匹配。

#### 3.2 维保周期

确定维保周期，首先要明确维保策略的触发因素，包括所有影响设备及部件可靠性的损耗因素，如设备本身可靠性、运行模式、温度、震动、压力、接触介质、运输条件、存储环境等，一般可采用运行时间、下井次数、参数积分等方式，也可以打破固定周期对应的固定策略，采用条件触发方式，即不同条件分别触发不同的动作。这种情况牵涉因素较多，所以，为了科学合理制定维保周期，需要两个前提条件，一是，对于设备作业参数的收集，需要现场作业人员及时准确提供设备使用时的相关参数（前文已述）；二是需要依托可靠的数据信息系统，能对设备的历史数据进行存储和计算。维保周期的确定，需结合对应级别的维保内容，参考对应级别中损耗周期较短的维保单元，设备单元部件损耗周期及条件的基础数据可通过模型算法、实验测试、作业经验等确定。对于高级包含低级的维保策略周期，高级别与低级别周期尽可能成倍数关系，避免低级别内容重复过度维保的情形。

#### 3.3 维保流程

维保流程需紧密贴合级别定位，一般按照维保实际顺序编排。维保程序需包含对可能磨损、变形、错位、松动、老化、锈蚀、缺油、断裂、损坏、污染等方面的直观检测及处理，也需包含对通断绝缘、关键信号及器件、功能模块、整体性能的测量测试及调校。其中涉及部件更换的，需尽可能清晰描述直接更换还是条件更换，条件更换的情况需有明确标准，避免模棱两可。

随着数字化，可应用数字平台技术将维保流程固化成标准化，可视化，可控化；标准化，就是将策略的流程固化在系统内部，只有完成当前维保步骤，才能进入下一步维保操作；避免出现步骤跳跃或者省略的风险；可视化，就是针对维保中的复杂步骤或重点部位，附注照片，3D结构图，甚至讲解视频，以提醒员工注意事项；可控化，就是在维保过程中设置少量关键节点，在该节点需要有其他人员双人确认，以确认维保动作的有效性；必要时可以上传图片或视频以备查验

此外，维保具体内容的编制需充分考虑维保工作本身可能给设备造成的风险，考虑维保技术条件，避免过度拆解或测试造成设备损坏或性能下降。同时要考虑保

养成本及效率,在保障设备可靠性的前提下,避免过度维保。

### 3.4 维保标准

维保标准的建立一方面与设备的工艺质量有关,一方面与设备的使用条件有关。随着勘探开发不断朝着中深地层,泥浆排量,井底温度等都影响着设备的维保标准;工艺技术的提升也对维保标准的确定提出了挑战,如设备维保中的无损检测工艺、金属防腐工艺,激光焊接修复工艺等。每种工艺之下都有不同的技术路线和质量标准;选择不同的技术工艺对设备检验手段和技术标准都有很大不同,在选择时需要综合仪器寿命,技术成本等因素统筹考虑;

设备设施全生命周期,核心部件的使用寿命不断减少,通过加强维保只能有效延缓设备核心部件的老化曲线,却不能改变设备性能老化的趋势;很多设备在经过多年的运维后,性能逐步衰减,但缺乏有效手段进行合理寿命评估,针对性能失效故障,也缺乏有效规避手段。通常只能以设备老化等方式进行笼统界定,但容易将老化问题和不定期问题含混不清,通过以下方式,可以尝试区分:

类型	是否可检测	性能机理	补偿措施	处理方式
一	否	明确	无效果	确定使用寿命
二	否	明确	可行	使用故障概率
三	可	明确	可行	Markov模型

### 4 维保体系的实施及升级

维保体系的实施,需要以完整的运行记录为基础,故而配套的作业信息的管理和收集十分重要。当相关触发因素达到设定的维保周期或条件,执行对应级别维保。为确保执行,需要应用数字化系统记录运行及维保数据,形成有效关联和自动计算,保证维保策略的可靠触发,并通过有效记录,确保程序得到执行。当同一设备同时触发多个维保策略时,一般以最高级别为准,在策略后台管理上,对于包含式策略,某一级别维保策略执行完成后,该级别及其他低级别动态维保周期清零,以作为下个周期的参考基准。

维保体系在实际应用中是需要动态更新升级的,通过实践反馈不断完善。完善主要基于以下几种情况:一是生产中发现维保体系的漏洞,需完善策略;二是设备稳定性认知变化或环境变化,需要调整原有策略要求;三是设备设计改造导致结构或性能变化,需匹配调整

维保体系。需要注意的是,体系的调整并不意味着总是“做加法”,也需要不失时机地“做减法”,提升维保工作的针对性和有效性,前瞻性消除和降低设备质量隐患,兼顾质量和经济性。此外,测井设备应用环境的差异性,决定了维保体系并非放之四海而皆准,也需要结合地域和应用特征,实施差异化建设。

而想建立完整的,可持续的维保体系,在体系设计上,要形成完整的闭环管理。从故障调查中进行数据分析;形成动态的性能预测,同时开展PDCA质量管理,循环反馈,有效推动维保体系持续优化。而这些工作的落脚点,都需要充分发挥全员的积极性。可以使用管理的手段,鼓励员工在工作中积累自己的经验,针对维保中发现问题不断调整,持续改进。

### 4 结语

维保体系也在随着时代的发展而发展,从事后维修到预防性维修,再到状态维修、风险维修,维保体系越来越智能化、精细化,需要借助的信息、方法和工具也更复杂。随着大数据及人工智能到来,很多国际知名油田服务公司,如斯伦贝谢、贝克休斯等,已经开始将设备维保的历史数据进行分析,结合当前井况信息,由系统给出更精准的维保策略,实现一事一策,每支设备都有独有的健康档案。在高质量发展时代,企业要制度化、体系化治理,具体到维保技术领域也是一样。维保体系很大程度上决定维保能否对设备性能和作业损耗形成互补以保障质量,决定维保工作是否有完备的参考指导维保工作的高效开展,决定维保需要投入多大的人力物力资源实现维保经济性。希望通过本文论述,对相关行业维保体系的建设和运维能力的提升提供一些帮助,促进企业高质量发展。

### 参考文献:

- [1]李微微钟静以可靠性为中心的维修(RCM)在测井设备中的应用广州化工.2021,49(11)
- [2]尹开东.机械设备维保的现场管理方法与对策[M].科技创新与应用.2019,(12).
- [3]王萌.浅谈我国石油测井技术现状及发展趋势[J].科技创新导报,2017,16(33):253.

天津市塘沽海洋高新技术开发区海川路1581号 邮编:300451