



油田企业设备管理

YOUTIANQIYESHEBEIGUANLI

亓和平 崔金兰 编著

中国石化出版社

油田企业设备管理

亓和平 崔金兰 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

油田企业设备管理/亓和平, 崔金兰编著
—北京: 中国石化出版社, 2005
ISBN 7-80164-836-6

I. 油… II. ①亓… ②崔… III. 油田-设备管理
IV. TE9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 066571 号

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010)84271850

读者服务部电话: (010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

东营市胜丰印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所经销

*

889 × 1194 毫米 16 开本 20 印张 524 千字
2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷
定价: 58.00 元

《油田企业设备管理》编写人员名单

编委会主任:薛万东

编委会副主任:亓和平

编委会委员:金石璞 刘长儒 王 泉 刘炜光 许士真 张学明 徐向明
申惠民 杨兴武 邢少伟 崔金兰 武瑞彪 张振宇 郭义昌
曾 光 田树林 孟平安 董经利 安长武 吴洪辉 文世鹏
李学景 马俊生 李 平 陈瑞海 孙军强 单用进 焦 臻
商同林 王乐鹏 曹连玉 王兴勤 李安红 丁玉华 宋宜泗
姬广勤 陈瑞喜 卢雷鸣 冉志成 孔令武 王启福 魏吉臣
李安友 韩 康 罗大博

主 编:亓和平 崔金兰

副主编:金石璞 刘长儒 王 泉 刘炜光

编写人员:第一章 亓和平 刘炜光 刘兆增 徐向明 郭忠强 陆 军
第二章 崔兴勋 王秀莲 张保国 李志学 王吉峰 郑立新
第三章 代进强 文国平 韩宝营 马明勇 刘树德 杨濯非
第四章 崔金兰 张仰平 孙少华 杨 波 曾德权 刘 孟
第五章 官振乐 张广会 张军博 牛书水 屈武弟 徐汉吉
第六章 贾红兵 庞尚海 孙 彤 王联合 秦兴华 杜龙江
第七章 赵金春 朱方正 丛 岩 郭广颂 谭可润 杨宝山
第八章 张乃峰 武瑞彪 李海营 王振岭 史得强 杨月刚
第九章 姜 松 劳稀亭 刘金亭 仇建德 孔令先 赵一峰
第十章 王玉琼 王曙光 盛拥军 王吉俊 贾秉栋 薄 涛
第十一章 高守华 张丽霞 代淑梅 冯胜利 曹江北 刘尔臣
第十二章 刘功农 陈 瑛 盖红雷 姜晓东 牛仁臣 高 柏
第十三章 丁春忠 张国立 邓东升 赵国梁 王蜀卫 阎循英

统稿人:亓和平 崔金兰

校 对:贺建军 吴成学

主 审:张传平 刘清志

审核人员:许士真 张学明 徐向明 申惠民 杨兴武 邢少伟 武瑞彪 张振宇
郭义昌 罗大博 曾 光 田树林 孟平安 董经利 安长武 吴洪辉
文世鹏 李学景 马俊生 李 平 陈瑞海 孙军强 单用进 焦 臻
商同林 王乐鹏 曹连玉 王兴勤 李安红 丁玉华 宋宜泗 姬广勤
陈瑞喜 卢雷鸣 冉志成 孔令武 王启福 魏吉臣 李安友 韩 康
尹晓天 贾宗国 朱 东

前 言

石油石化行业是技术和资金密集型行业,同时又是一个高危行业,高温高压、易燃易爆、有毒有害、链长面广,有着大量的各种各样的装备设施。这些装备设施,包括系统,不论是设计原因,还是长期运行老化或者当初技术标准偏低的原因,都会带来不同程度的安全问题。有时一个零部件的损坏或者操作处理不当,都会引发设备事故,甚至酿成重大损失。近几年来,胜利油田设备管理工作牢固树立以人为本的思想,坚持依靠科技进步、促进生产发展和预防为主方针,坚持全员、全过程、全方位、全天候抓设备管理的原则,积极探索实现设备安全可靠运行的有效途径和方法,坚持既要确保设备资产保值增值,又要使其完好有效,既要优化设备增量配置,又要盘活存量设备资产,不断拓宽设备管理的工作思路,充分挖掘现有设备资源潜力,努力向设备管理要质量、要效益。

本书的编写集中了胜利油田设备管理系统的专家,既坚持全面介绍设备一生管理各个阶段的工作和要求,又把胜利油田的一些具体做法融合其中,可以说是一本设备管理理论和实践紧密结合的参考书。它既可作为石油石化系统设备管理人员的学习用书,对从事设备管理理论研究和其他行业设备管理的人员也有参考价值和借鉴作用。

本书由胜利油田副总工程师亓和平教授级高级工程师、胜利油田东辛采油厂总工程师崔金兰担任主编,油田设备管理处金石璞、刘长儒、王泉、刘炜光担任副主编,统一提出编写提纲和要求,并组织了稿件审查。

本书承蒙石油大学张传平、刘清志老师审阅,他们提出了许多具体修改意见,胜利油田二级生产单位主管设备领导许士真、申惠民、杨兴武、张学明、徐向明、武瑞彪、邢少伟等也参加了审阅,结合实际提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示诚挚的感谢。

由于参编人员水平有限,书中难免有不足之处和错误,恳请各位专家和读者多多指正,我们将不胜感谢。

目 录

第一章 油田企业设备管理概述

第一节 设备概述	(1)
第二节 设备管理的沿革与发展	(5)
第三节 设备综合管理	(12)
第四节 现代设备管理理论基础	(15)
第五节 市场经济条件下的设备管理新观念	(16)
第六节 建立适应市场经济要求的现代设备管理体系	(18)

第二章 设备的前期管理

第一节 设备前期管理的意义、内容和工作程序	(20)
第二节 设备规划与投资效益评价	(20)
第三节 设备的选型	(27)
第四节 设备的招标与谈判	(29)
第五节 设备的监造与到货验收	(33)
第六节 设备的安装调试与投产验收	(34)

第三章 设备的现场管理

第一节 设备的使用	(36)
第二节 设备使用与维护的典型做法	(39)
第三节 油田特种设备管理	(42)
第四节 设备现场管理质量监督	(45)
第五节 设备年审	(48)
第六节 长寿高效设备评比	(53)

第四章 设备的润滑与冷却

第一节 设备润滑与冷却管理的目的、任务和基本要求	(90)
第二节 摩擦、磨损与润滑	(100)
第三节 润滑材料的选用	(108)
第四节 润滑站的管理	(119)

第五章 设备的状态监测与故障诊断技术

第一节	概述	(127)
第二节	油田常用状态监测与故障诊断技术	(134)
第三节	油液分析技术	(138)

第六章 设备的故障管理

第一节	设备故障的概念和分类	(146)
第二节	设备故障的分析与排除	(150)
第三节	故障树分析与诊断	(151)
第四节	故障数据的信息管理	(160)

第七章 设备的维修管理

第一节	设备维修的基本概念	(163)
第二节	设备的维修形式和分类	(164)
第三节	设备修理计划的编制、实施与考核	(165)
第四节	设备修理现代化管理	(168)
第五节	设备修理技术	(170)

第八章 设备安全与事故管理

第一节	概述	(173)
第二节	设备事故调查分析与处理	(173)
第三节	设备事故的统计与上报	(176)
第四节	防止设备事故发生的有效措施及方法	(177)
第五节	突发事件应急预案案例	(183)
第六节	设备事故典型案例	(193)

第九章 设备的改造与更新

第一节	设备的磨损与寿命周期	(196)
第二节	设备的技术改造	(206)
第三节	设备的更新	(217)

第十章 设备资产管理

第一节	设备资产的评估	(222)
第二节	设备资产的折旧与报废	(229)
第三节	设备资产的经营管理	(234)

第四节	设备资产的保值增值	(239)
第十一章	设备管理信息系统	
第一节	设备的分类管理	(241)
第二节	设备的基础资料管理	(253)
第三节	设备经济技术指标	(256)
第四节	设备信息管理系统	(259)
第十二章	设备管理人员的素质和培训	
第一节	油田企业设备管理组织体系	(270)
第二节	设备人员的素质要求和培训	(274)
第三节	设备技术人员管理	(280)
第十三章	设备管理基本知识	
第一节	基础理论知识	(285)
第二节	设备的规划与购置	(287)
第三节	设备的使用与管理	(291)
第四节	设备的保养与维修	(296)
第五节	设备的故障与事故	(301)
第六节	设备的润滑与状态监测	(304)
第七节	设备的更新改造、闲置与报废处理	(307)
参考文献		(311)

第一章 油田企业设备管理概述

第一节 设备概述

一、设备及分类

在国外,设备工程学把设备定义为“有形固定资产的总称”,它把一切列入固定资产的劳动资料,如土地、建筑物(厂房、仓库等)、构筑物(水池、码头、围墙、道路等)、机械(工作机械、运输机械等)、装置(容器、蒸馏塔、热交换器等),以及仪器、工具等都包含在其中。在我国,只有直接或间接参与改变劳动对象的形态和性质,并在长期使用中保持其原有形态的劳动资料才被看作设备。

一般情况下,设备一词既可指单台设备也可指成套设备(为完成某种功能而将机械装置及其它要素有机组合起来的集合体)。如果将成套设备理解为“系统”,则组成这一成套设备的单台设备即为“子系统”,再继续分解则为总成件、零部件。

设备属于固定资产的范畴。在我国,一般以使用期限和单位资产价值作为划分固定资产的标准。新颁布的《企业财务通则》中规定,属于生产经营性质的固定资产只需具备使用年限超过一年的条件而不受单位资产价值的限制;非生产经营设备则需同时具备使用年限超过2年,且单位价值2000元以上两项条件。不具备上述条件的设备则为低值易耗品而不属于固定资产。

设备的种类繁多,型号规格各异。因此设备分类的方法很多,可以根据不同的需要,从不同的角度加以选择。常用的方法有:

1. 按设备的用途分类,对于工业企业来说,可以分为生产工艺设备、辅助生产设备、科研试验设备、办公设备、生活福利设备等。生产工艺设备是指直接参加工业生产工程的设备,即用来改变劳动对象的形状或性能,使劳动对象发生物理或化学变化的设备。如机械工业企业中的金属切削机床、锻压设备、铸造设备、热处理设备等;化学工业中的加热炉、合成塔、反应釜、压缩机等;石油企业中的石油钻机、井下作业机、水泥车、压裂车、地震仪、注水泵、抽油机等。

2. 按设备的使用范围分类,可以分为通用设备和专用设备。通用设备是指适用于国民经济不同行业(部门)的设备,如金属切削机床、电机、变压器、运输车辆等。这种设备属于国家规定的标准系列,一般由专业性的工业企业生产供应。专用设备是指适用于某些部门或行业的某一特定工业生产过程的设备,如钢铁工业的高炉,纺织工业的纺纱机,石油工业的抽油机等。

3. 按设备在生产中的重要程度分类,可以分为关键设备、主要设备和一般设备。关键设备又称重要设备,是指在生产过程中起主导、关键作用的设备,这类设备一旦发生故障,会严重影响产品质量、生产均衡、人身安全、环境保护。石油企业常说的“精大稀关”设备是指精密、大型、稀有、关键设备。主要设备是指在生产过程中起主要作用的设备。一般设备是指结构简单、维修方便、数量众多、价格较低的设备。

4. 按设备的技术状况分类,可分为完好设备、带病运转设备、待修在修设备、待报废设备。

5. 按设备的技术水平分类,可分为国际先进水平设备、国内先进水平设备、国内一般水平设备、国内落后水平设备。

6. 按设备的实际使用状态分类,可分为未投产设备、在用设备、闲置设备、停用设备、库存封存设备等。

7. 按设备的耗能种类分类,可分为耗电设备、耗油(汽油、煤油、柴油、原油、渣油等)设备、耗煤

设备、耗气设备等。

8. 按设备需要安装与否分类,可分为非安装设备、安装设备。

二、石油设备

石油专用设备种类繁多,包括各类石油钻采机械装备、物探仪器与设备、测井仪器与设备、地质录井仪器、钻井技术专用仪器等。限于篇幅,本节只介绍物探、测井两大类仪器装备和钻机、采油机械、井下作业设备及钻采特车等四大类石油钻采机械装备。

(一)物探仪器与设备

与其他物探方法相比,地震勘探具有精度高、分辨率高、勘探深度大等优点,是目前石油勘探中一种最为有效的勘探方法。地震勘探就是用工人工方法激发地震波,通过对采集的地震波进行处理研究,了解地震波在地层中的传播规律,查明地下的地质情况,为寻找油气提供依据。地震勘探基本上可分为野外数据采集、室内资料处理、地震数据解释三个阶段。

地震勘探涉及的装备种类繁多,涉及的范围广,包括卫星定位仪、地震钻机、各种震源车、放线车、地震仪器车等,其中直接用于野外地震数据采集的专用设备,称之为地震勘探仪器装备。地震勘探仪器包括震源、检波器、地震仪三大部分,震源激发地震波,检波器接收地震波并把它转换成电信号,地震仪对电信号进行放大滤波再把它记录下来成为地震勘探采集的原始资料。地震勘探仪器是地震勘探中最重要的设备,目前我国石油系统使用的全部是数字地震仪,按数据传输方式主要分为有线遥测地震仪和无线遥测地震仪。

地震勘探技术的发展,导致对地质构造的描述向更深、更小、更薄的方向延伸,物探采集装备的发展与地震勘探技术的发展相互推动,其发展的必然趋势是:信号测量的高分辨率、良好的动态范围、强的抗干扰能力及更多道数和高采样率等。地震仪器技术的发展趋势主要体现在以下几方面:首先,随着计算机技术的不断发展,单主机道能力由原来的千道接收能力上升到万道接收能力,使得万道采集成为现实,基本能满足地球物理方法对单炮信息量的要求;其次,网络技术逐步成熟,提高了克服复杂地表的能力和放炮能力;再次,常规地震采集系统不断完善,向高精度、高指标、降低噪音和抗干扰方向发展,即单站单道采集方式;第四,全数字地震采集系统通过多次试验和技术工艺的逐步成熟,逐步被地球物理学家和用户认可。全数字地震采集系统的灵魂是:数字的、矢量的传感器。与常规的地震采集系统相比,既实现了检波器的数字化,又抛弃了传输中的模拟线缆部分,因此成为全数字系统。目前正式推出的产品有美国 I/O 公司的 SYSTEM 4 和法国塞舍尔公司的 408UL-DSU 系统。由于全数字采集系统传感器的低失真,大动态范围,传输电缆甩掉了常规系统中的模拟信号传输部分,降低了噪音,避免了电磁干扰,避免了传输串音,提高了记录的信噪比。实现了信号测量的高分辨率、良好的动态范围、强的抗干扰能力及更多道数和高采样率等,是理想的采集系统。

(二)测井仪器与设备

石油测井是利用物理学方法解决油田地质问题和油藏工程问题的应用技术学科。测井贯穿于油田勘探开发全过程,是一种井下油气勘探方法,是准确发现油气藏和精确描述油气藏的重要手段,其测试数据是油气储量及产量评估不可缺少的科学依据。对于探井和生产井测井,目前胜利油田在用的主要装备 SL-3000 型数控测井系统,主要承担声波、电阻率、放射性等孔、渗、饱常规测井项目;新研制的 SL-6000 型高分辨率多任务测井系统,其功能等同于国外的成像测井系统,除可以完成常规测量项目外,还可以进行声、电、核、磁等成像测井项目和地层倾角等特殊测井项目。引进的主要装备有哈里伯顿公司的 EXCELL-2000 型成像测井系统和阿特拉斯公司的 ECLIPS-5700

成像测井系统。动态测井目前主要的装备是CS-400 数控测井系统,主要用于剩余油饱和度的监测;VCT-2000 数控测井系统主要用于两个剖面的测试;便携式井间同位素监测设备,主要用于注水井的动态监测。

射孔就是采用聚能爆炸的原理,利用射孔弹打穿金属套管和水泥环,在井筒和地层间建立油气的流动通道。取心就是将地层的原始岩样取出来供实验室化验分析,以确定该地层的油气显示。射孔、取心装备目前胜利油田全部采用SL-3000 型。

(三)石油钻机

钻机的任务是打开(建设)通向地下油(气、水)层的通道——井筒。目前最常用的旋转钻井法,是用钻杆将钻头送入地下,旋转并给钻头加压,破碎岩石,形成井筒。与此同时,用泥浆液体将破碎的岩石带出井筒。石油钻机主要包括动力系统、起升系统、循环系统、旋转系统、井控系统等。

动力系统主要为整套钻机提供及传递动力,一般配有大功率柴油机或柴油机发电机组。起升系统决定了钻机的最大可钻井深,常规起升系统由绞车—游动系统—井架组成。循环系统是用泵将工作介质从地面输送至井下后再返回地面,介质在地面经过处理,再输送至井下,介质在地面与井下反复循环的过程中,完成给定的任务。钻机循环系统的核心是泥浆泵(目前主要使用三缸单作用往复泵),此外还包括地面管线、立管、水龙带、钻井液净化系统(振动筛、除砂器、除泥器等)、钻井液搅拌装置、储液罐等。旋转系统的任务是旋转钻具,带动井底的钻头转动,破碎岩石,使井筒向地下延伸。旋转系统一般包括转盘、水龙头等。顶部驱动装置是钻井旋转系统的新发展。使用顶部驱动装置时,转盘不工作,由顶部驱动装置从方钻杆顶端直接驱动钻具。井控系统的任务是防止井下高压流体喷出井筒引发井喷事故,该系统通常包括各种防喷器以及各种套管头等。

(四)采油机械

1. 人工举升设备

在我国,人工举升方式常利用安装在井下的各种泵,将地下原油举升到地面。这种人工举升方式称为井下(深井)泵举升方式。所用的机械设备类型较多,其中抽油机—深井泵是用得最多的人工举升机械。井下泵的类型较多,目前最常用的类型有往复泵(包括柱塞泵和活塞泵)、离心泵(井下离心泵均做成多级的,一般可达100级以上)、螺杆泵(井下所用的螺杆泵多为单螺杆泵)等。

不同的井下泵与动力、传动系统的组合可以形成多种多样的人工举升设备,下面介绍两种主要的类型:

(1)抽油机——抽油杆——深井泵装置(机械传递动力)

这种抽油设备的名称较多,如抽油机—深井泵装置,有杆抽油设备、抽油机采油设备等。这种设备是由地面的抽油机将原动机的高速旋转变为抽油杆的低速上下往复运动,再由抽油杆带动井下的往复式深井泵工作。游梁式抽油机包括电动机、减速箱、连杆、曲柄、以及支架、平衡块等。抽油机除了游梁抽油机外,还有无游梁抽油机,如链条抽油机、宽带抽油机等。

(2)电动潜油泵抽油装置(电传递动力)

目前使用电传动向井下供应动力的人工举升设备为电潜泵。电潜泵的井下电动机经保护器与井下多级离心泵相连。经地面变压器、控制柜的电流由电缆输送至井下,驱动电潜泵工作。

2. 注入设备

在采油过程中,油层的压力是不断下降的。注水设备的任务是通过注水井向油层注水,补充地层能量,保护地层压力,以提高采油速度和采收率。开采高粘或重质原油时,采用湿蒸汽发生器向井下注入高压蒸汽,以提高原油的流动性。注聚合物设备和注氮气设备均属于注入设备。

注水系统的主要执行设备是注水泵,包括多级离心式注水泵和往复泵。离心式注水泵排量一般

在 $140\sim 400\text{m}^3/\text{h}$,压力一般在 $10\sim 16\text{MPa}$ 。注水用的往复泵多为三缸柱塞泵,这种泵可以达到很高的压力,而且在小排量时有较高的效率。在注聚合物类的化学驱油剂时,一般也采用低排量的往复泵,因为离心泵的高速旋转会破坏聚合物的性质。

注蒸汽设备的正式名称为湿蒸汽发生器,有时也称为热采锅炉或注汽锅炉,其基本形式为火焰直接加热、强制循环、单管直流卧式锅炉,运行工作压力一般为 $7\sim 20\text{MPa}$,产汽能力为 $7.2\sim 23\text{t/h}$ 。目前亚临界湿蒸汽发生器已在胜利油田成功运用。为使锅炉不易结垢,输出蒸汽干度定为80%的饱和蒸汽(水蒸发后的残留物可由20%的湿气带出)。

(五)井下作业设备

1. 修井机

修井机的任务是进行油井大修。油井大修包括对现有油井进行改造,如加深井底、堵塞井底、井壁开窗侧钻等,也包括油井出现严重故障后的修复工作,如修补井下由于地层挤压和腐蚀而损坏的套管等。

2. 通井机

通井机的任务包括两个方面:一是排除井下故障,如油管、抽油杆断脱,抽油泵损坏,油管柱泄漏,井下沙堵、蜡堵、蜡卡,打捞井下落物等。二是改变油井生产条件,例如自喷井转抽油井时向井下下入新的举升设备,井下条件变化时改变抽油泵的型号或下入的深度,改变抽油杆的尺寸,甚至改变人工举升设备的类型(如抽油泵改电潜泵)等。

(六)钻采特车

钻采特车包括固井车及其配套车、酸化压裂车及其配套车、清蜡车、压风机车等。固井设备的任务是保护加固井筒。方法是在井筒内下入套管,然后在套管与井筒壁之间挤入水泥浆,水泥浆凝固后使套管固定,并密封被钻穿的岩层。固井设备的主力设备是水泥车。压裂设备的任务是用液体将井下油、气层压出裂缝,以增加油、气层的导流能力,从而使油气井增产、注水井增加注水量。具体的做法是从地面将排量大大超过地层吸收能力的压裂液体导至井下油、气层,在油气层憋起高压,液体压力与地层压力之差超过岩石的强度后,便可使油气层产生裂缝。压裂设备的主力设备是压裂车。酸化设备的任务是将酸液导至井下油、气层处,使酸与射孔孔眼附近的堵塞物和地层发生反应,增大孔隙,从而达到使油气井增产、注水井增加注水量的目的。

三、现代设备的发展趋势

第二次世界大战以后,由于科学技术的飞速进步以及世界经济发展的需要,新的科学技术成果不断应用于设备,使得设备的新技术含量急剧增加,设备现代化水平空前提高,呈现以下趋势:

1. 现代设备通过大型化或微型化、高速化、精密化、自动化,向着性能更加高级、技术更加先进、结构更加综合、作业更加连续、工作更加可靠的方向发展。

2. 随着科学技术进步的不断加快,现代设备为企业提高劳动生产率、保证产品质量、节约能源和降低原材料消耗、创造经济效益、提高市场竞争力发挥着越来越重要的作用。

3. 设备的社会化程度越来越高。由于现代设备融汇的科学技术成果越来越多,涉及的科学门类越来越广,单靠某一学科的知识往往无法解决现代设备的重大问题。而且由于设备技术先进、结构复杂、零部件的品种数量繁多,设备从研究、设计、制造、安装调试到使用、维修、改造、报废各个环节要涉及不同行业的许多企业。改善设备性能,优化设备效能,不仅需要企业内部有关部门的共同努力,而且也需要社会上各行业和企业的协作配合,因此设备工程已成为一项社会系统工程。

四、现代设备带来的问题

设备作为当今科学技术的主要载体和凝聚物,不仅是企业生产力的重要组成部分,而且是企业生产力发展水平的主要标志。现代设备的出现,给企业和社会带来了巨大好处,推动了企业生产力的持续发展,在增加产品产量和品种、提高产品质量和性能、充分利用生产资源、减轻工人劳动强度、提高劳动生产率方面成效显著,从而创造了巨大的社会财富,取得了明显的经济效益和社会效益。但是另一方面,它也给企业和社会带来一系列新问题:

1. 购置设备需要大量投资。由于现代设备技术先进、性能优良、结构复杂、设计和制造费用很高,故设备投资费用的数额十分巨大,许多大型设备的价格一般达数十万元之多,进口的先进设备价格更昂贵。石油企业引进一套压裂车组需要500万美元以上,购置一套9000米电动钻机需要人民币7000万元以上。

2. 维持设备运行需要大量费用。首先是现代设备的能源消耗量大,支出的能耗费用高。其次是维修费用居高不下,一个设备资产原值超过亿元的企业,年设备维修费用通常就要达到800万元以上。

3. 设备故障造成的损失急剧增加。由于现代设备的工作容量大、生产效率高、作业连续性强,一旦发生故障停机,造成生产中断,就会带来严重后果和巨额经济损失。

4. 设备事故带来严重后果。现代设备往往是在高转速、高负荷、高温、高压和强腐蚀状态下运行,设备承受的压力大,设备的磨损、腐蚀也大大增加。如1986年,前苏联切尔诺贝利核电站2号反应堆发生严重设备事故,不仅造成80亿卢布的重大经济损失,而且造成大范围的环境污染和严重的社会灾难。

5. 设备现代化与管理落后的矛盾日益突出。主要包括操作简单化与维修复杂化的矛盾,设备投入大与设备资源配置不合理的矛盾,设备维修费用高与维修资源限制及过剩维修的矛盾等。

第二节 设备管理的沿革与发展

一、世界设备管理发展简史

自从人类使用机械设备以来就伴随着设备管理工作,并随着科学技术的发展而不断变革、进步。与企业管理发展历程相适应,设备管理的发展大致经历了三个主要阶段:

(一)事后维修阶段

工业革命之前,工厂生产是以手工业为主,生产规模小,技术水平低,使用的设备和工具比较简单,谈不上现代意义上的设备维修与管理。18世纪后期,随着企业采用机器生产的规模不断扩大,机器设备的技术日益复杂,维修机器的难度与消耗的费用也不断增加,由此产生了设备维修问题。由于当时设备结构简单,修理相对方便,修理工作一般都由操作人员兼管,而且都是在设备发生故障后才进行维修。所谓事后维修,就是指机器设备在生产过程中发生故障或损坏之后才进行修理。随着工业生产的发展,结构复杂的设备大量投入使用,修理难度越来越大,技术要求也越来越高,操作工无法兼顾维修工作,于是设备修理逐步从生产中分离出来,维修工人也与生产工人分开,形成独立的维修队伍,这样做的结果一是便于管理,提高维修水平;二是有利于提高工效。事后维修制经历了一个漫长的发展过程,在西方工业国家一直延续到20世纪30年代,在我国则直到20世纪50年代初仍实行事后维修制。

（二）预防维修阶段

随着流水生产线的出现和设备技术的日趋复杂,任何一台主要设备或主要生产环节出现故障,都会造成巨大的损失,特别是在钢铁、煤炭、石油、化工、电力、汽车制造等流程作业的企业里,突发性故障造成的直接和间接损失越来越严重。由于事后维修使得故障停机时间过长而无法保证设备的正常使用,在这种情况下出现了为防止突发故障而对设备进行预先修理的“预防性”修理模式,即预防维修制。由于这种修理安排在故障发生之前,是可以计划的,所以也叫做计划预修。

在这个阶段中,世界上形成了两大设备维修体系。一个是前苏联的“计划预修制”,在苏联、东欧、中国等国家得到广泛应用;另一个是美国的“预防维修制”,在西欧、北美、日本等国家得到推广。

前苏联的计划预修制是在20世纪30年代提出来的,经过几十年的实践和总结逐步完善起来的,有它科学性、合理性的一面。计划预修制是以设备的磨损规律为基础制定的。按照计划预修制的理论,影响设备修理工作量的主要因素是设备的开动台时,合理的开动台时是预防性维修的依据。一系列定期检查、小修、中修和大修等组成的修理周期结构以及计算各种修理消耗定额的修理复杂系数构成了计划预修制的两大基础。计划预修制的不足之处在于:片面强调定期修理而忽视了设备的实际状态,往往导致设备的使用前、后期分别出现维修过剩和维修不足的现象;只注重专业人员对维修的作用而忽视了操作人员的有效参与,导致修理与维护、保养的失调。

美国的预防维修制于1914年福特汽车厂建成第一条流水装配线后开始实施,到20世纪50年代初期在西方国家得到普遍推广。美国预防维修制的基本内涵是对设备故障采取“预防为主”的方针,加强设备使用时的维护保养,在设备发生故障前进行预防性维修,以减少突发故障停机产生的直接及间接损失。预防维修制以设备的日常检查和定期检查为基础并据此确定修理内容、方式和时间,由于没有严格规定的修理周期,因而有较大的灵活性,但出现了日常检查、定期检查过于频繁,更换零件过多,维修费用过大的问题。1954年,美国通用电气公司等一些企业对原来的预防维修制做出调整,于是出现了将预防维修与事后维修结合起来的“生产维修制”,即对主要生产设备实施预防维修,一般设备则实施事后维修,既减少了故障停机的损失,降低了维修费用,又节省了大量不必要的检查工作,取得了良好的维修经济性。

（三）综合管理阶段

20世纪60年代以后,西方工业国家不断探索、研究新的现代设备管理理论,并付诸实践;现代科学技术和现代管理科学的成就也为现代设备管理的发展提供了良机,使得设备管理进入一个新的阶段,即综合管理阶段。集中体现综合管理思想的设备管理理论与模式有美国的后勤工程与管理(Logistics Engineering)、英国的设备综合工程学(Terotechnology)、日本的全员生产维修(Total Productive Maintenance)和德国的综合管理(Integrierte Anlagenwirtschaft)。

上述新观念、新理论奠定了现代设备管理的基础,引起世界各国的极大重视。20世纪80年代以后,我国也开始推广并研究以设备综合工程学与全员生产维修为主体的设备综合管理,并在设备管理与实践取得明显成效。

国外设备管理理论与实践最有代表性的是英国的设备综合工程学和日本的全员生产维修。

1. 设备综合工程学(Terotechnology)

（1）设备综合工程学产生的背景

设备综合工程学是英国人丹尼斯·巴克斯提出来的。1970年,在美国洛杉矶召开的国际设备工程年会上,英国维修保养技术杂志社主编丹尼斯·巴克斯发表了题为《设备综合工程学——设备工程的改革》的著名论文,第一次提出了“设备综合工程学”这个概念,其原意为“具有实用价值或工业用途的科学技术”。

1967年,英国政府设立了维修保养技术部。为了有力地推行设备综合工程学这一新兴学科在工业中的应用,1970年,英国政府在工商部下设置了“设备综合工程学委员会”,作为政府行为对设备工程进行计划、组织、领导。这个委员会曾对515家企业作了调查,并对其中80家企业进行了详细调查,写出了调查报告。调查结果表明,英国制造业在1968年间设备维修保养直接费用总额约为11亿英镑,而且由于故障停机造成了10亿英镑的损失。该年度全英维修费用总额为110亿英镑,占全国总产值的8%,比英国制造业年度新投资总额的2倍还多。报告认为,每年因维修保养不良,英国每年损失约为2~3亿英镑。如果对设备管理工作加以改善,每年可以节约2~2.5亿英镑。

1974年,英国工商部给这门学科下了如下的定义:“为了求得经济的寿命周期费用而把适用于有形资产的有关工程技术、管理、财务及其业务工作加以综合的学科,就是设备综合工程学,涉及到设备与构筑物的规划和设计的可靠性与维修性,涉及设备的安装、调试、维修、改造和更新,以及有关设计、性能和费用信息方面的反馈”。1975年4月,英国政府还成立了“国家设备综合工程中心”,该中心通过刊物介绍设备综合工程典型实例,并召开各种研讨会以推动设备综合工程学科的发展。

(2)设备综合工程学的要点

①追求寿命周期费用的经济性

有些设备的设置费较高,但维持费却较低;而另一些设备,设置费虽然较低,但维持费却较高。因此,应对设备一生设置费和维持费作综合的研究权衡,以寿命周期最经济为目标进行管理。研究表明,设备一出厂已经决定了设备整个寿命周期的总费用。也就是说,设备的价格决定着设置费,而其可靠性又决定着维持费。一台机械性能、可靠性、维修性好的设备在保持较高的工作效率的同时,在使用中的维修、保养及能源消耗费用也较低。反之,如果只考虑购入价格便宜,忽视设备的可靠性、维修性和安全、环保等方面的问题,就会带来故障频繁、停机损失增加,危害安全、环境污染等问题,而解决这些问题所需的投资数额往往更大。因此,设备使用初期的决策,对于整个寿命周期费用的经济性影响甚大,应对设备前期管理给以足够的重视。

②综合技术、经济和管理因素,对设备实行全方位的管理

设备综合管理包含工程技术管理、组织管理和财务经济管理三方面的内容。首先,设备是科学技术的产物,涉及科学技术的各个领域,要管好用好这些设备,需要多种科学技术知识的综合运用。其次,近年来不断涌现和发展起来的管理科学,如系统论、运筹学、信息论、行为科学及作为管理工具的计算机系统,日益成为设备综合管理的手段。设备从研制开发到报废处理的全过程都应运用科学的管理手段,也只有科学管理才能搞好设备综合管理。再次,企业的经营目标是提高经济效益,设备管理也应为此目标服务。设备综合工程就是以最经济的设备寿命周期费用,创造最好的经济效益。一方面,要从设备整个寿命周期综合管理,降低费用开支;另一方面,要努力提高设备利用率和工作效率。总之,设备的技术、经济、管理这三个侧面,是相互联系的一个整体。其中,技术是基础,经济是目的,管理是手段。只有三者结合,才能实现综合管理的目标。

③重视设备的可靠性和维修性

设备的可靠性是指设备在规定的使用时间内、规定的使用条件下能够无故障地实现其规定功能的能力,也就是要求设备使用时准确、安全、可靠。设备的维修性是指设备维修的难易程度。维修性好的设备,应该是结构简单,零部件组合合理,通用化、标准化程度高、互换性强,易于检查、拆卸方便、易于排除故障等。

设备综合工程学是在维修工程的基础上形成的,它把设备可靠性和维修性问题贯穿到设备设计、制造和使用的全过程,即在设计、制造阶段就争取赋予设备较高的可靠性和可维修性,使设备在后天使用中长期可靠地发挥其功能,力求不出故障或少出故障,即使出了故障也要便于维修。设备

综合工程学把可靠性和可维修性设计,作为设备一生管理的重点环节,它把设备先天素质的提高放在首位,把设备管理工作立足于最根本的预防。

④强调发挥设备一生各个阶段的效能

这是系统论等现代管理理论在设备管理上的应用。设备管理是整个企业管理系统中的一个子系统,它是由各式各样的设备单元组合而成的。每台设备又是一个独立的投入产出单元。从空间上看,每台设备是由许多零部件组成的集合体;从时间上看,设备一生是由规划、设计、制造、安装、使用、维修、改造、报废等各个环节组成,它们互相关联,互相影响,互相作用。运用系统工程的原则和方法,把设备一生作为研究和管理的对象,从整体优化的角度来把握各个环节,充分改善和发挥各个环节在全过程中的机能作用,才能取得最佳的技术经济效果。

⑤重视设计、使用和费用信息的反馈

为了提高设备可靠性、可维修性设计和做好设备综合管理,必须注重信息反馈。设备使用单位向设备设计、制造单位反馈设备使用过程中发现的性能、质量、可靠性、维修性、资源消耗、人机配合、安全环保等方面的信息,帮助设备设计、制造单位改进设计和工艺,提高产品质量。设备制造单位也可通过用户访问、售后服务、技术培训等,帮助使用单位掌握设备性能、正确使用产品,同时收集用户的意见和建议。另外,设备使用单位内部职能部门之间、基层车间之间也要有相应的信息反馈,以便做好设备综合管理与决策。

2. 全员生产维修(Total Productive Maintenance,简称 TPM)

全员生产维修被认为是日本版的综合工程学,其基本概念、研究方法和所追求的目标与综合工程学大致相同,也是现代设备管理发展中的一个典型代表。

(1)全员生产维修的发展过程

日本的设备管理,在20世纪50年代以前处于事后维修阶段。之后,从美国先后引进了预防维修、生产维修等管理体制,进入了预防维修阶段。60年代,引进了美国的维修预防、可靠性工程、维修性工程和工程经济学,形成了在设计阶段考虑设备的可靠性、维修性、经济性的生产维修阶段。70年代,引进美国的行为科学、系统工程、后勤学和英国的设备综合工程学,形成了有日本特色的全员生产维修体系。80年代,日本重视开发和利用设备状态监测与诊断技术,进入了以状态监测为基础的阶段。

(2)全员生产维修的定义和特点

1971年,日本维修工程师协会(JIPE)对TPM下的定义是:

- 1)以达到设备综合效率最高为目标;
- 2)确立以设备一生为对象的全系统的预防维修;
- 3)涉及设备的计划部门、使用部门、维修部门等所有部门;
- 4)从领导者到第一线职工全体参加;
- 5)通过小组自主活动推进预防维修。

从以上定义来看,TPM具有以下特点:

①全效率——追求设备的经济性。TPM的目标是使设备处于良好的技术状态,能够最有效地开动,消除因突发故障引起的停机损失,或者因设备运行速度降低、精度下降而产生的废品,从而获得最高的设备输出,同时使设备支出的寿命周期费用最节省。也就是说,要把设备当作经济运营的单元实体进行管理,用较少的费用(输入)获得较大的效果(产出),达到费用与效果比值的优化。

②全系统——包括设备设计制造阶段的维修预防,设备投入使用后的预防维修、改善维修,也就是对设备的一生进行全过程管理。

③全员参加——设备管理不仅涉及设备管理和维修部门,也涉及计划、使用等所有部门。设备管理不仅与维修人员有关,从企业领导到一线职工全体都要参加,尤其是操作者的自主维修更为重要。

(3)全员生产维修的基本思路与综合效率

①全员生产维修的基本思路:TPM的基本思路在于通过改善人和设备的素质来改善企业的素质,从而最大限度地提高设备的综合效率,实现企业的最佳经济效益。

②提高设备效率的含义:提高设备效率是指从时间和质量两个方面来掌握设备的状态,增加能够创造价值的时间和提高产品的质量。

提高设备效率的主要途径有:A.从时间方面看,增加设备的开动时间;B.从质量方面看,增加单位时间内的产量以及通过减少废品来增加合格品的数量。

提高设备效率的最终目的,就是要充分发挥和保持设备的固有能力和保持设备的最佳状态极限状态。这里所说的极限状态是指达到最大限度的状态。追求设备的“零缺陷、零故障、零事故”和“使废次品为零”的目标,就是要及时发现和消除设备事故隐患,充分发挥设备效能,使设备资源实现最佳经济效益。

③影响设备效率的六大损失:A.故障损失,是指由于突发性故障或慢性故障所造成的损失,它既有时间损失(产量减少),也有产品数量的损失(发生废次品)。B.作业调整损失,是指由于工装、模具更换调整而带来的损失。C.小故障停机损失,是指由于短时间的小毛病所造成的设备停机或“空转”状态带来的损失。D.速度降低损失,是指设备的设计速度和实际运行速度之差所造成的损失。E.工序能力不良的损失,是指由于加工过程中的缺陷发生废次品及其返修所造成的损失。F.调试产生的损失,是指从开始生产到产品稳定生产这一段时间所发生的损失。为了提高设备效率,TPM通过坚持开展操作者自主维修来彻底消除六大损失。

④综合效率的计算:日本的TPM综合效率规定为时间开动率、性能开动率与合格品率三者的乘积。即:

$$\text{设备综合效率} = \text{时间开动率} \times \text{性能开动率} \times \text{合格品率}$$

TPM考核综合效率不仅重视设备的实际开动时间,同时也重视产品的加工质量。这样处理更为切合企业生产经营的实际需要,要求也更加严格。在日本的TPM活动中,希望企业的设备开动率 $>95\%$,性能开动率 $>90\%$,合格率 $>90\%$,这时,设备综合效率才能达到 85% 。

(4)全员生产维修的主要做法

①自主维修(PM小组活动)。日本学者中岛清一把“操作者的自主维修(小组活动)”看作是“TPM最大的特点”。TPM从上到下向全体人员灌输“自己的设备由自己管”的思想,使每个操作人员掌握能够自主维修的技能,并且采取了开展PM小组活动这种组织形式。

PM小组建立在生产第一线,按生产组织编组。一般由生产班组长兼任组长。班组人多则可细分为3~10人一组,民主选举小组长。每周一次例会,每月可占用2小时工作时间。小组活动一般选择有利于完成企业年度目标的课题,活动开展好的有奖,奖金用来作为小组活动的基金。除了生产第一线的PM小组外,车间、部门、公司各级都应设有推进TPM的委员会或领导小组。各级负责人也是上一级领导小组的成员,形成多层次衔接的结构,起到上下连接的作用,使纵向和横向的信息得到充分交流。

PM小组活动的主要内容有:

- 1)根据上级的PM方针,制定小组的工作目标;
- 2)开展5S活动;