

文章编号: 1006-5539(2004)04-0058-03

中原 LPG 燃气轮机控制系统升级改造

李世科

(中国石化中原油气高新股份有限公司, 河南 濮阳 457001)

摘要: 中原 LPG 工厂的燃气轮机控制系统因老化严重频繁出现误报警或无报警停机现象, 且故障难以排出, 严重影响装置运行。2001 年底对其进行了改造, 考虑技术上的连贯性, 以及中原化肥厂成功的改造经验。选用了 GE 公司的 MARK-V, 对原 MARK-II 进行了升级。与 MARK-II 相比, MARK-V 具有三重冗余和故障自动检测、记忆功能, 可有效避免误报警停机, 使故障容易定位。高度集成化降低了系统自身的故障率, 人性化的显示界面便利操作, 网络传输实现了远程监视。2002 年 4 月投产后至今保持稳定运行, 杜绝了误报警或无报警停机现象。

关键词: 燃气轮机; 控制系统; 技术改造; 效果

中图分类号: TK479.22 **文献标识码:** A

中原 LPG 装置^{1,2} 于 1990 年 10 月投产, 截止到 2002 年 10 月 31 日, 有效生产 3 571 d。作为装置龙头的燃气轮机/原料气压缩机组(型号 MS1002D/2BCL408, 工艺代号 1-GT1/1-K1) 累计运行约 86 000 h。2001 年 11 月至 2002 年 3 月, 该机组进行了燃气轮机控制系统技术改造, 将原来的 MARK-II 升级为 MARK-V。

1 改造目的

燃气轮机是 LPG 装置的动力核心。它驱动离心式压缩机给低压油田伴生气增压, 为下游的制冷和分离提供能量, 其安全、可靠、稳定的运行是装置顺利生产的根本保证, 一旦停机则整套装置瘫痪。因此, 指挥和保护燃气轮机的控制系统可靠性尤其重要。

燃机复杂的动态行为要求控制系统能提供灵活控制和监视、保护功能。该装置的燃气轮机控制系统是美国通用电气(GE)公司的 SPEEDTRON IC™ 系列 MARK-II 型, 是处于工业自动化初级水平的产品, 控制盘有 90 多块卡件组成, 结构复杂, 规模庞大, 接线多而烦琐, 受湿、热影响大, 易发生控制信号设定点漂移、信号之间互相干扰等, 容易引起误报警或无原因停机。特别是从 1998 年开始, 该装置的

MARK-II 系统故障率逐年升高, 因系统自身故障引起的停机现象也逐年增多, 2001 年多达 36 次。这说明系统硬件在接近使用年限时老化速度加快, 已经制约了系统本身的正常工作, 其结果表现为燃机停机频繁、故障不易排除、控制系统对机组的保护不到位等。

MARK-II 缺乏必要的监控记录手段, 使得停机原因往往不能及时发现并解决, 只能在重新启动的过程中采用人工观察的手段来判断, 经常需要启动数次才能解决问题。例如 1998 年 6 月发生燃气轮机严重喘振故障, 故障排除过程历时 3 个多月, 启动 27 次, 更换插卡 7 件, 经反复试验才确定是由于控制系统故障, 造成燃料调节伺服阀(PCD)工作不正常, 影响生产造成的经济损失约 5 000 万元。

另外, MARK-II 在当前已属于淘汰产品, 因此, 在订购备件上存在着配件种类不全, 数量少且价格昂贵, 定货周期长等矛盾。该装置能坚持运行, 配件的供应很大程度上得益于中原化肥厂淘汰下来的 MARK-II 系统补充。

2 选型理由

选择 MARK-V 改造 MS1002D 型燃气轮机控制系统是主要基于以下考虑: a) 对 MARK 系统的熟

收稿日期: 2003-09-03; 修回日期: 2003-12-09

作者简介: 李世科(1968-), 男, 甘肃兰州人, 工程师, 1988 年毕业于兰州石油学校石油炼制专业, 一直从事天然气处理及轻烃深加工技术研究工作, 任天然气化工厂厂长助理。电话: (0393) 4878244。

悉。以前与 GE 的合作以及对 MARK- II 的熟悉, 有利于改造后的掌握和应用; b) 中原化肥厂成功的改造经验可以借鉴。该厂 1996 年实施的 MARK- II 向 MARK- V 升级项目, 使装置的运行可靠性大大提高, 经济效益非常显著; c) GE 公司的知名度和产品质量。该公司的 SPEEDTRONIC™ 系列燃机控制系统长期处于世界领先地位, MARK- V 是该系列产品中最新型的产品, 使用了现代微处理器, 拥有增强的系统配置, 采用了 SIFT 容错技术, 在硬件诊断方面的能力大幅度提高。标准模块化结构提高了可靠性和安装速度, 并方便在线维护。操作员接口改用彩色 CRT 显示, 与远程操作站或 DCS 的连接采用标准的连接设备。具该公司统计资料显示, MARK- V 的可靠性达到 99.982%, 两次故障间的平均时间为 28 000 h, 平均维修时间为 7 h。

3 MARK- V 系统的技术特征

燃气轮机从 20 世纪 40 年代后期开始应用于工业生产, 早期的控制系统以液压和机械式调节为主。1968 年采用电子技术的 SPEEDTRONIC MARK- I 诞生, 经过 1973 年 MARK- II、1976 年 MARK- III、1982 年 MARK- IV 及 1991 年 MARK- V 投入使用后, 经过不断改进, 是目前世界上最先进的燃机控制系统之一。

3.1 基本组成

图 1 是 MARK- V 的控制模块图。MARK- V 的核心是三个相同的主控制处理器 <R>、<S>、<T>。所有重要的控制算法、燃机程控以及主要的保护功能都由这些处理器处理, 同时也采集数据, 发出大部分报警信号。独立保护模块 <P> 是三重冗余的, 其输出的硬件表决由一个与之相联系的遮断卡来完成, 这个遮断卡把来自紧急超速的跳闸触点信号、主控制处理器、手动跳闸按钮和其它硬连线的用户遮断信号合并在一起, 执行紧急超速、火焰检测和同步等功能。

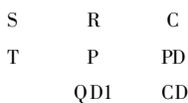


图 1 MARK- V/TMR 控制盘

- C. 通信模块;
- S. 冗余控制处理器;
- P. 保护模块;
- QDI, 控制器数字 I/O 模块;
- R. 冗余控制处理器;
- T. 冗余控制处理器;
- PD. 配电模块;
- CD. 通用数字 I/O

3.2 控制接口

图 2 是 MARK- V 的控制方案。MARK- V 提供了 HMI 和到 DCS 系统的接口, 可用 Modbus 从属站和标准以太网连接。互连 <C> 处理器和 <I> 处理器的“分线连接设备”是一种可延伸的 Arcnet 网络连接设备, 允许用多个 <I> 处理器对多台燃气轮机进行菊花式链连接, 可以实现一台燃机由多个 <I> 处理器控制或一个 <I> 处理器控制多台燃机。

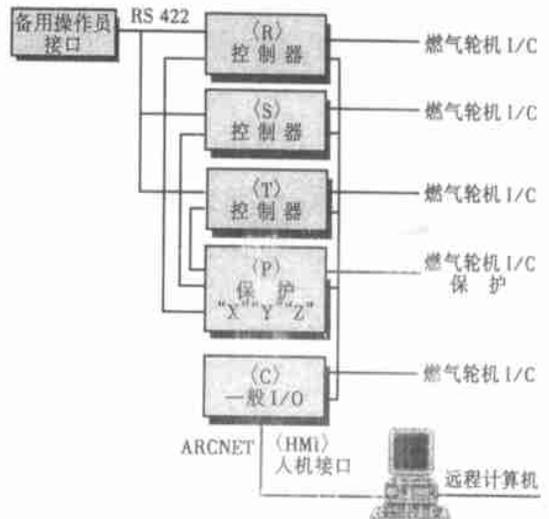


图 2 MARK- V 控制方案

3.3 三重冗余

三重冗余是 MARK- V 的主要优势之一, 对重要的控制和保护参数实行三选二表决冗余, 以及软件容错 (SIFT)。每一个重要参数有多个传感器, 它们的信号分别由 <R>、<S>、<T> 同时处理, 如果只有一个传感器故障, 处理这个失效信号的控制器就会产生一个错误值, 在与其它两个控制器交换数据进行表决时, 错误值就被丢弃, 这样就避免了 MARK- II 系统中因一个传感器损坏就可能致某个控制器表决引起跳闸停机的现象。所以, 三重冗余容忍每一种传感器中有一个损坏, 只有当两个以上控制器同时捕获到错误信号时, 才引起燃机保护停车。<C> 负责监视主控制处理器传送的三组变量, 并计算自用的表决器, 如果有任何明显的不一致, <C> 就向 <I> 报告, 以使操作员注意和进行维护。如果有一个传感器故障, 则其输出与另外两个输出值不一致, <C> 诊断出传感器或与其直接有关的零件故障, 就送出一个警报到 <I>。

3.4 历史记录

MARK- V 的历史记录系统, 应用了 OSI 公司基于 Windows NT 的 Pi 和 Process Book 软件来收

集、储存和追查燃机运行数据。趋势记录扫描周期为1 s,报警和事件62 ms 取样一次,触点输入为1 ms 时间标签。实现了对机组运行情况的在线检测,并以友好的用户界面描绘出机组的各个部位的运行状况,对故障信号及时记录、锁定和在线打印,为技术人员进行故障定位,实施检测维护提供了直观、方便的指导。同时也提高了对故障的预见性,可以大大降低故障排除的难度,并且实现了一般故障的不停机检修。

历史记录储存在磁盘上,可以被授权用户通过历史记录器或 HMI 操作员接口来观看和分析。

3.5 工作站

工作站提供了基于 Windows NT 的进入 ICS 系统的工具,用来编程、修改组态,进行 HMI 屏幕修改等。

4 改造效果

MARK-V 于 2002 年 4 月 2 日投入运行,目前已稳定运行一年。与 MARK-II 相比,其优势明显:a)误报警或无原因引起的停机现象完全杜绝;b)燃机启动一次成功率提高,接近 100%;c)系统反映外界条件变化的灵敏度和实施自动调节的准确性均

有提高;d)对故障的检测报警能力提高,在发现故障时通过终端喇叭、屏幕色彩变化和打印三种形式对操作人员进行提示,使一般故障能得到及时处理,有效地减少了保护停机次数;e)系统自身故障率降低,自投入运行以来还没有出现过一次故障,使维修费用大大降低。

5 结束语

中原 LPG 投产十多年来基本保持了稳定、高效运行,但控制系统老化逐渐成了制约其继续可靠平稳运行的重要因素。通过对 MARK-II 的升级改造,使装置的燃气轮机/原料气压缩机机组运行的可靠性及效率大大提高。2003 年还完成了装置的其他控制系统改造,主要包括:装置 DCS、ESD 改造;蜗轮膨胀机组 PLC、丙烷压缩机组 PLC 升级为 GE FANUC90;部分常规仪表更新换代。

参考文献:

- [1] 李昌辙. 中原引进 LPG 装置工艺技术特点及分析评价[J]. 石油与天然气化工, 1993, 22(3): 157-166.
- [2] 刘金斗, 陶常青, 易明新. 中原引进 LPG 装置生产情况与国产化技术改造[J]. 石油与天然气化工, 2000, 29(5): 226-228.

(上接第 17 页)

美国规范我们理解主要是强调输气管道自身安全性,提到的距其他地下构筑物的距离,是从安装角度出发,保证管道自身安装及以后维护管理的需要。

3 两条管线平行敷设的最小间距要求

从前述分析可见,珠江三角洲成品油管道与 LNG 天然气管道平行敷设,在有条件的地段保持 10 m 间距,既符合规范要求,也不致因先后施工而相互产生影响(但要保证后施工管道重型设备不压在已施工管线上)。在因地形、地物限制,两条管线达不到 10 m 间距要求时,按规范采取更为可靠的防腐保护层,也能满足安全要求。甚至可采取联合保护措施两条管道同沟敷设。即使同沟敷设也应保持一个保证焊接、吊管、下沟等安装作业的最小操作距离。GB 50253《输油管道工程设计规范》第 4.1.9 条规定,同沟敷设最小净距不应小于 0.5 m。

一条油、气管道竣工投产后,后施工的管道对已建成的埋地油、气管道不应因其覆盖层、水工保护等措施遭受破坏而影响管道自身安全。因此,在其周围一定距离内取土、挖沟、爆破等,都将扰动其稳定状态。在已建管线近距离挖沟时,要采取支撑等防护措施,尽量不扰动已建管线周围土壤。总之,通过施工方面的一些安全措施,本文认为两条管线平行敷设在安全上是有保障的。

参考文献:

- [1] GB 50251-2003 输气管道工程设计规范[S].
- [2] ASME B31.8-1999 输气和配气管道系统[S].
- [3] GB 50028-93(2002 版)城镇燃气设计规范[S].
- [4] SY 0007-1999 钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范[S].
- [5] GB 50183-93. 石油和天然气工程设计防火规范[S].
- [6] 49 CF-2003 191. 192 章. 美国联邦法规管道安全法天然气部分[S].