

文章编号: 1004-0609(1999)04-0878-06

透平循环压缩机组运行状态自动 监控系统的设计^①

于德介 张邦基 李正中
(湖南大学 振动中心, 长沙 410082)

摘 要: 介绍了透平循环压缩机组运行状态自动监控系统的结构、软硬件配置、技术关键点及特点。该系统以工业控制计算机为中心, 选择与机组运行状况因果关系明显的轴向位置、振动及工艺参数(电流、功率、温度)等信号作为在线监测信号, 采用阈值监测模式, 实时监测机组的运行状态, 实现预警、紧急自动停车、故障诊断和滚动轴承寿命分析等功能。该系统应用于工业现场, 取得了良好的效果。

关键词: 透平循环压缩机组; 自动监控; 故障诊断; 寿命预测

中图分类号: TH165.3

文献标识码: A

透平循环压缩机组由压缩机、电机和容器三部分组成, 电机通过刚性联轴器驱动压缩机在全封闭的容器中运行。机组是合成氨及甲醇工业生产中的关键设备, 其运行正常与否, 无论对企业生产效益, 还是对设备和人身安全, 关系都很重大。压缩机组与管网系统联合工作时, 管网系统特性的大幅度变化, 尤其是进出口流量和压力比的大幅度脉动, 容易激发压缩机的固有振动特性——喘振; 喘振发生后, 如不及时控制和处理, 将产生诸如转子动叶片与隔板相碰、密封和轴承损坏、电机扫膛等一系列破坏性的故障, 甚至出现气体外泄引起机组爆炸的灾难性事故。因此, 一方面, 压缩机严禁在喘振区工作; 另一方面, 必须采取有效的措施来监控机组的运行状况。目前, 国内用户主要采取送气量调节和旁路阀回流的措施来防喘; 事实上, 由于喘振机理极其复杂, 防喘措施并不总是有效, 喘振随时有发生。对机组的监视和维护, 则是依靠24h值班来进行的, 监测内容仅仅是电流、功率和轴承温度的变化。监测系统的不完善, 再加上人为因素的影响,

对机组运行状况的误判断和误操作就在所难免: 有时并未发生故障却拉闸停机, 有时已发生喘振却仍不知晓。要改变这种状况, 根本措施是改进机器设计, 加强防喘研究, 避开喘振工作区; 但对机组用户而言, 现实可行的办法是建立一套完善的运行状态自动监控系统, 实现在线自动报警和自动保护^[1~3]。我中心受某氮肥厂委托, 承担了该厂透平循环压缩机组运行状态自动监控系统的研制, 并首先应用于一台TC620-32机组上。

1 系统总体设计

1.1 监测信号

在工况相对稳定的情况下, 压缩机组的动态特性是缓变的, 电机功率和电流、轴承温度、机组轴向位置及振动特性的变化均在允许范围之内。当工况大幅度变化时, 机组的工艺参数、轴向窜动范围及振动幅度呈现急剧上升趋势, 运行状态出现异常, 发展下去就可能出

① 收稿日期: 1998-11-30; 修回日期: 1999-07-22 于德介(1958-), 男, 博士, 教授

现故障甚至破坏机组。因此,在监控系统设计时选择了三种与机组运行状况密切相关的在线监测信号:位置信号、振动信号和工艺参数信号。

压缩机转子的轴向位置是由转子上的止推盘和机座上的止推瓦来确定的,轴向位置允许有一定的窜动量。在运行过程中,如果轴向力过大或止推瓦磨损,窜动量超过允许值,就可能造成高速旋转的转子动叶片与静子隔板相碰撞的严重事故;因此,必须严格监测转子的轴向位置。系统把轴向位置作为最重要的监测信号。

任何机器的运转,都伴随着振动信号的产生,振动信号及其变化包含着各种反映机器运行状态的丰富信息。对于判断机组工况是否正常和对机组进行综合保护,监测振动信号是必不可少的^[4]。系统选择在主轴径向同一截面互相垂直的两个方向上测量振动位移,在四个滚动轴承的轴承座或机壳部位测量振动加速度。

对于监视工况和判断故障,工艺参数如温度、压力、流量、转速、电流、功率等也是很重要的监测参数。系统将机组原有的驱动电机电流、功率、轴承温度和压缩机轴承温度等监测点并入系统作为工艺参数信号。

1.2 系统软硬件配置

根据系统运行环境的特点:24h连续工作,噪声大,灰尘大,有腐蚀性气体,有振动和干扰等,系统硬件设计采用了牢固性、密封性、抗干扰能力和连续工作能力均优于普通微机的PCI总线结构工业控制计算机IPC586P166,32M内存,3.2G硬盘。系统软件以Windows95/NT为平台,采用DELPHI 32位编程语言编写。

1.3 系统基本结构

监控系统硬件由传感器、前置处理器、电荷放大器、数据采集器、工业控制计算机、显示器、打印机和报警跳车装置等部分组成。系统结构框图如图1所示。

系统软件采用事件驱动模块化编程,主要包括主程序和实时数据采集存储模块、监测分

析模块(棒图、波形、频谱、轴心轨迹等)、趋势分析模块、故障预警及处理模块、数据库管理模块、故障诊断模块等^[5]。软件结构框图如图2所示。

2 系统技术关键点

2.1 在线数据采集

系统既能采集机组运行过程的稳态数据,又能采集机组启停过程的瞬态数据。在采集稳态数据时,又设计了两种采集状态:在机组正常运行状态下,根据设定的时间间隔来采集数据;当机组出现紧急状况,立即进行连续采样,记录故障信号,以备进行故障分析和诊断^[6,7]。

系统采用12位高速A/D转换,A/D转换采用内部时钟触发方式,由A/D板本身所带定时器触发,定时间隔由软件设定,采样频率可由0~100kHz。

2.2 信号分析与处理

对采集到的实时数据进行分析 and 处理,并以数据或图形的方式给出分析结果,主要包括:①动态数据分析,对机组运行过程的动态信号分析和显示,包括监测棒图、时域波形图、轴心轨迹图、幅值频谱图等;②启停过程信息分析,对机组启停机过程中的信号进行分析和显示,包括启停曲线、Bode图、谱阵图等;③趋势分析,对机组长期运行存储的数据进行趋势分析,作出趋势图,包括当前趋势(2h)、30d趋势、90d趋势等。

2.3 状态监测特征提取

对于位置信号和振动信号,通常使用最大值、最小值、均方根值、均值、方差、标准偏差、峭度、波峰因子等统计特征作为状态监测特征。本系统设计中,对机组轴向位置提取最大值($X_{\max}$),对主轴振动位移提取峰—峰值(X_{p-p}),对机壳与轴承座振动加速度提取有效值(X_{rms})。

2.4 监控模型确定

对机组运行状态的监控采用四级阈值监

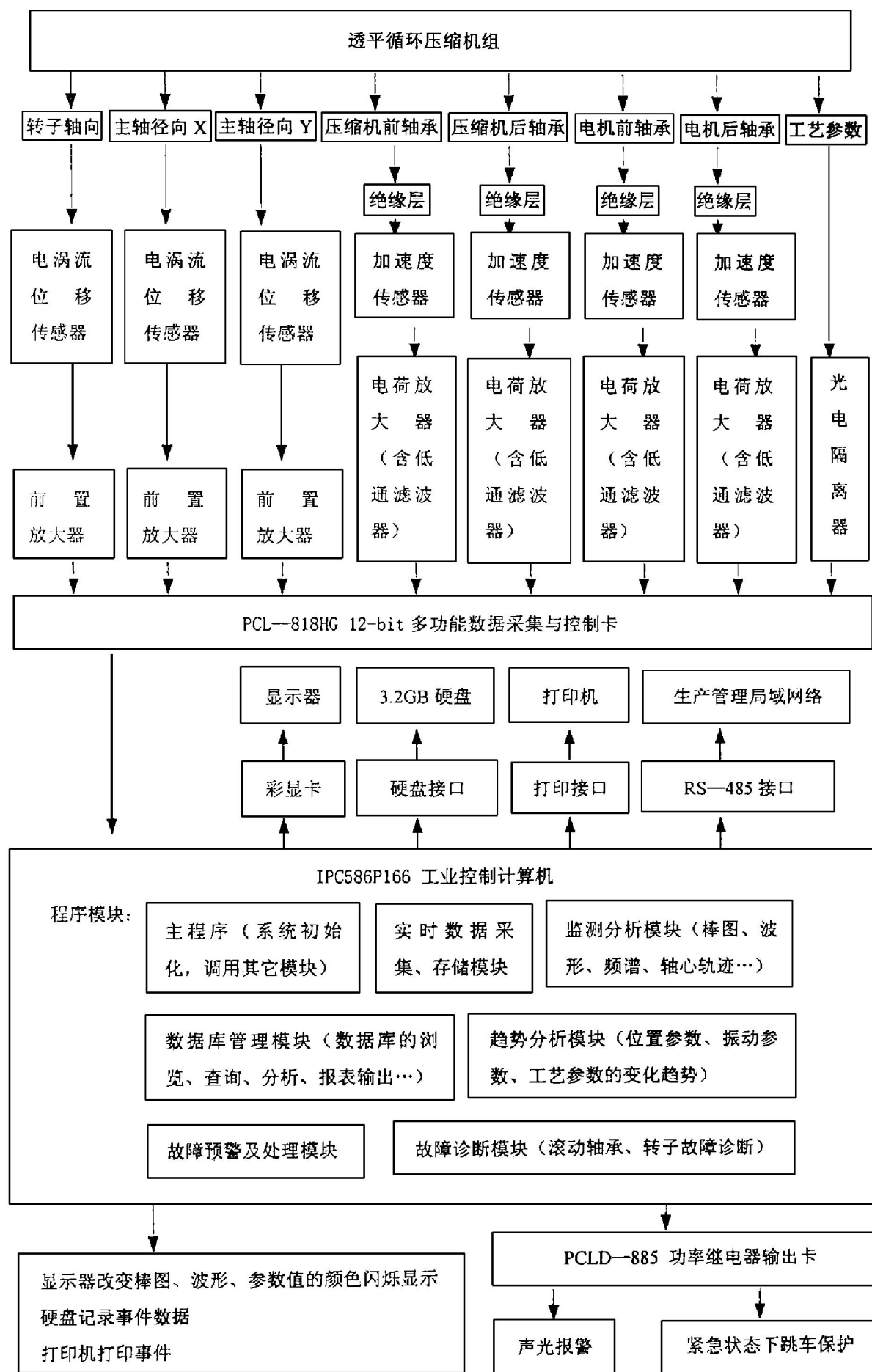


图 1 监控系统总体结构框图

Fig. 1 Block-diagram of system structure

控。当某个或几个通道监测参数的特征值达到报警值时，系统以改变监测棒图颜色和显示报警信息框的方式报警，表明机组已出现异常情况；当持续报警时间或持续超限次数达到设定值后，系统启动声光报警并跳出机组运行状态信息及报警处理框，表明机组异常情况已相当严重，在设定时间内如不干预将采取自动保护措施；当监控参数达到跳车值时，系统直接启动自动保护装置，驱动机组启停控制继电器实现紧急停车。有关监控模型的设定参数：报警值、跳车值、持续报警时间、持续超限次数、

声音报警时间、是否由系统启动压缩机、手动或自动关闭压缩机等，存储在系统参数数据库中，可以由具备修改权限的管理人员根据运行情况进行调整。这种设计一方面提高了监控系统的可柔性和准确性，另一方面减少了人为因素引起的误报警和误停机，提高了系统的可靠性和安全性。

2.5 动态数据管理

对采集到的实时数据，经分析和处理，形成多种数据库，作为状态监测、时频域分析、趋势分析、故障诊断与寿命预测的信息来

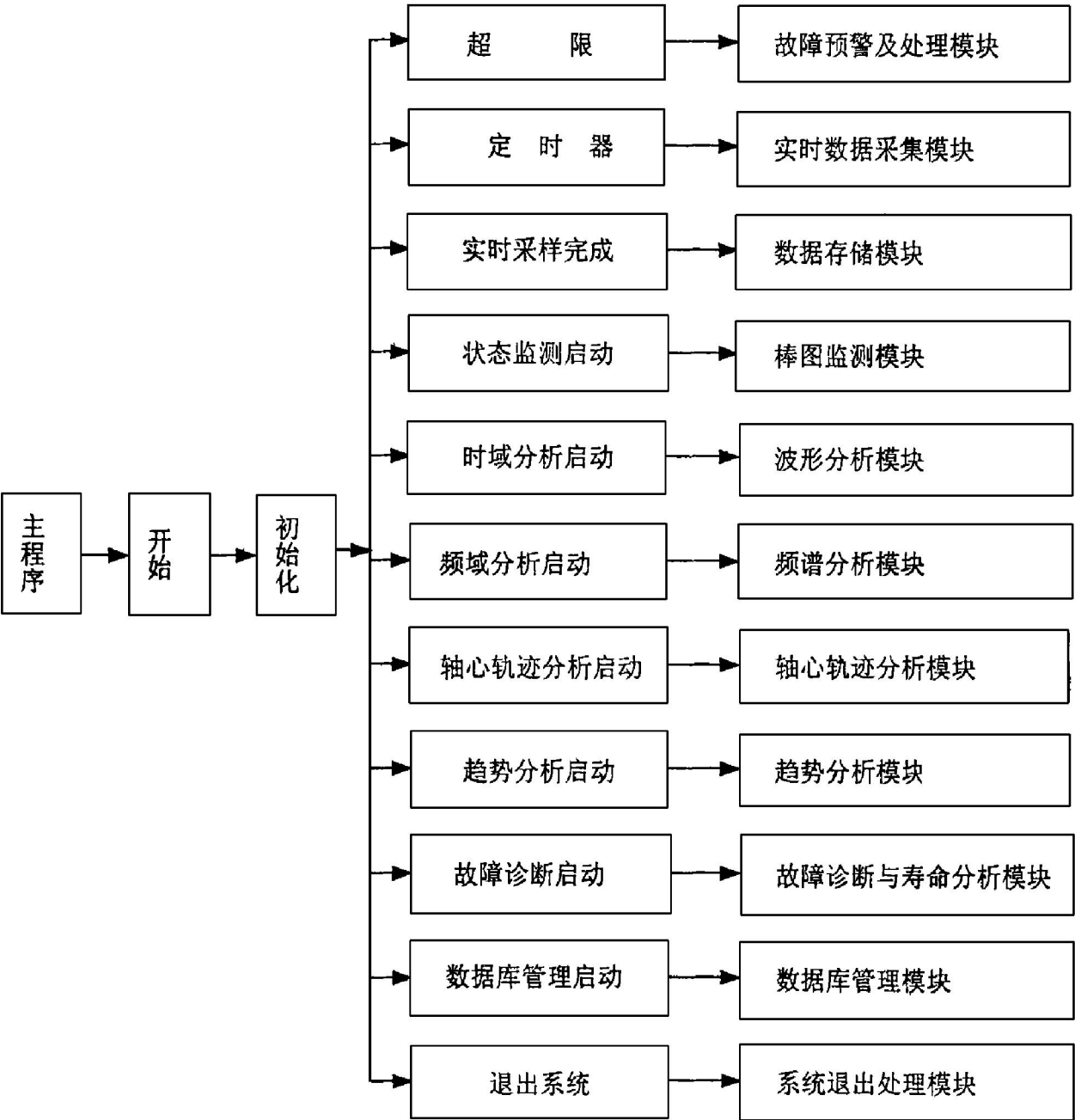


图 2 监控系统软件结构框图

Fig. 2 Block-diagram of system soft

源^[8,9]。系统对最近 24 h 的采样数据全部保存,形成日记数据库,24 h 后顺序覆盖;对每天中午 12:00 的一组采样数据永久保存,形成历史数据库;对每组采样数据的监测特征值永久保存,形成趋势数据库;对发生事故后的采样数据永久保存,形成事件数据库。可以方便地对各种数据库进行浏览、查询、分析和报表输出;打印功能除了打印班组报表、日报表、月报表等数据报表,也可以打印棒图、波形、频谱、趋势曲线、轴心轨迹等图形。

2.6 故障诊断与寿命分析

对采集到的各种状态信息和报警信息,系统采用基于前向多层神经网络(BP 网络)的诊断决策方法^[10,11],对常见故障进行诊断,识别机组运行状态,判明故障部位,分析故障原因和程度,为机组预知维修提供科学依据并提出合理建议。同时,对机组滚动轴承进行寿命分析,计算其残余寿命,确定报废时间,避免目前不论是否损坏,定期 6~9 个月全部更换所造成的浪费和停产损失。

3 结束语

系统已完成现场安装调试并已投入运行,目前运行稳定,使用效果良好,证明了系统设计的正确性、可靠性和稳定性。由于软件采用高度模块化设计,结构清晰,功能便于扩充和用户再开发;系统以 Windows95/NT 为平台,采用面向对象的编程语言,人机界面友好,随机提示和帮助功能完备,可操作性强,便于用户掌握。系统对提高企业的生产和设备管理水平具有积极重要的意义。

REFERENCES

- 1 Zhang Huailiang(张怀亮), Wang Ailun(王艾伦) and Jiang Shaowu(蒋绍武). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1994, 3(5): 133~136.
- 2 Wang Taiyong(王太勇) *et al.* Chinese Journal of Mechanical Engineering(机械工程学报), 1997, 33(5): 37~42.
- 3 Huang Wenhui(黄文虎) *et al.* Theory, Technology and Applications for Equipment Fault Diagnosis(设备故障诊断原理、技术及应用). Beijing: Science Press, 1996.
- 4 Chen Anhua(陈安华) and Zhong Jue(钟掘). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1997, 7(3): 163~166.
- 5 Macro Cantu. Mastering Delphi3. Beijing: Electronic Industry Press, 1997.
- 6 Peng Xintang(彭新堂), Liu Tiancai(刘天才) and Zhu Hongfeng(竺宏峰). Journal of Data Acquisition & Processing(数据采集与处理), 1998, 13(1): 64.
- 7 Chen Songqiao(陈松桥) and Zhang Ruiying(张瑞英). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1996, 6(2): 133~136.
- 8 Zhang Xining(张锡宁) and Xu Changlong(许昌龙). Journal of Data Acquisition & Processing(数据采集与处理), 1997, 12(3): 215~217.
- 9 Luo Zhouquan(罗周全) and Gu Desheng(古德生). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1996, 6(3): 15~18.
- 10 Qiao Junfei(乔俊飞), Guo Ge(郭戈), Chai Tianyou(柴天佑) and Wang Wei(王伟). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1998, 8(3): 551~556.
- 11 Zhong Jue(钟掘), Zhuo Zhihong(卓志红) and Yang Ping(杨平). The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), 1996, 6(4): 163.

Design of automatic condition monitoring system for circulating turbo compressors

Yu Dejie, Zhang Bangji, Li Zhengzhong

Vibration Center of Hunan University, Changsha 410082, P. R. China

Abstract: An automatic condition monitoring system for circulating turbo compressors was introduced. The structure, the key point of technology and the special features of the system were presented in detail. Centering on industrial controlling computer, the system selects signals of axial position, vibration and technical parameters as on-line monitoring signals, adopts the monitoring model of threshold value control and could realize condition monitoring, fault diagnosis and service life predication of roller bearing. The system has been applied to industrial ground successfully.

Key words: circulating turbo compressors; condition monitoring; fault diagnosis; service life predication

(编辑 何学锋)