

基于 STC89C52 的采煤机滚动轴承故障自动检测系统设计

郭在云

(云南能源职业技术学院 云南 曲靖 655000)

摘要: 针对采煤机在工作时机体上滚动轴承极易失效的问题, 本文设计了一种监测滚动轴承温度、噪声数值变化的自动检测系统。本文对采煤机所配置的滚动轴承的型号、安装调试技术要求、受力分析等方面开展研究, 通过理论计算滚动轴承寿命, 论证了温度、噪声与轴承故障异常存在关联。本文所设计的 STC89C52 采煤机滚动轴承自动检测系统, 通过对监控轴承温度、噪音变化的检测, 对轴承的状态进行识别, 从而准确发现故障点并进行报警。该系统可以在轴承故障初期及时发现故障, 避免采煤机出现严重机械故障。

关键词: 采煤机; 滚动轴承; 故障; 自动检测

0 引言

随着我国煤炭生产智能化技术推进和煤炭生产升级改造, 采煤机已普遍应用于煤炭生产中。在西南地区使用最为广泛的是 MG500/1170-AWD1 型采煤机, 该机型适用于煤层厚度 1.6 ~ 3.4m、工作面倾斜角小于 35°、煤质硬度 $f < 4$ 的煤层, 可自开机窝, 双向采煤, 非常符合云南、贵州煤层条件。该型采煤机重量超过 55t, 由截割部、牵引部、电气部、操作系统四大部分组成。采煤机必须解体下井、运输至采煤工作面后现场组装, 调试合格后投入生产, 完成一个工作面的采煤后, 采煤机搬迁时还需将采煤机解体、运至下一个采煤面后重新组装。

整机解体后可分为七大部件: 左滚筒、左摇臂、左牵引行走部、中间框架、右牵引行走部、右摇臂、右滚筒。这些部件中有大量的滚动轴承, 由于现场安装条件受限, 易发生滚动轴承配合间隙调整不准确、密封不良、润滑不良等情况, 导致轴承失效, 如不能及时发现和更换, 将导致采煤机出现严重的设备故障。受井下空间、维修设备、瓦斯安全等因素限制, 必须停产, 将损坏部分运至地面进行维修, 造成巨大的经济损失。笔者针对滚动轴承失效时产生的温度升高、噪声增大等异常现象, 设计自动检测软硬件系统, 可以将温度、噪声转换为电压信号, 在轴承异常时自动报警, 并对系统检测结果进行对比研究, 验证其结果的可靠性。

1 影响采煤机滚动轴承失效因素

滚动轴承主要失效形式有疲劳破坏、塑性变形、磨损、保持架破坏和其他失效形式^[1]。经实际统计数据, 现场工作中, 采煤机滚动轴承失效原因 95% 以上不是疲劳破坏, 而是交变载荷大、接触应力大、安装不当、密封及润滑不良等。

1.1 采煤机滚动轴承工作状况分析

MG500/1170-AWD1 型采煤机截割部传动系统的轴承数量多、型号多, 轴承失效率最高, 以此为例进行分析。采煤机截割部由左右滚筒、左右摇臂、内外喷雾冷却装置等组成^[2], 起到截煤和装煤的作用, 是采煤机的重要组成部分, 其结构如图 1 所示。截割部的传动系统中共有 11 组不同型号的滚动轴承, 完成由截割部电动机的输出轴至行星减速器 8 组齿轮的支承, 并将动力传给截割滚筒实现采煤工作, 轴承型号及尺寸见表 1。

1.1.1 采煤机工作特点与轴承选型分析

采煤机工作特点: 一是煤矿采煤工作面煤层分布

表 1 采煤机截割部轴承参数表

单位: mm

序号	1	2	3	4
型号	NJ318ECJ	NJ226ECJ	22222E	23028CC/W33
尺寸 $d \times D \times b$	90 × 190 × 43	130 × 230 × 40	110 × 200 × 53	140 × 210 × 53
序号	5	6	7	8
型号	NJ226ECJ	23228CC/W33	NJ2230ECM	23938CC/W33
尺寸 $d \times D \times b$	130 × 230 × 40	140 × 250 × 88	150 × 270 × 73	190 × 260 × 52
序号	9	10	11	—
型号	NCF2972CV	22314E	M263349D	—
尺寸 $d \times D \times b$	360 × 480 × 72	70 × 150 × 51	489 × 356 × 154	—

均有不同的倾角，采煤工作面长，工作时截割部需长距离往返切割煤层^[3]，冲击和振动大；二是井下采煤是早、中、晚三班工作，采煤机是连续运行状态，零部件受损严重，滚动轴承失效现象最频繁。截割部传动系统中轴承配置要求标准高，该传动系统中配置的11组轴承，分别是圆柱滚子轴承、双列圆锥滚子轴承、调心轴承等8类不同系列轴承，质量高、单价高，其预期寿命按40000~60000h设计。但实践工作中轴承的平均寿命在预期寿命的40%以下，图1中10、11位置的轴承寿命更短。

1.1.2 轴承安装拆卸技术要求

截割部传动系统中轴承安装、调试技术要求高、难度大，尤其是双列圆锥滚子轴承必须严格按操作规程和准确参数值进行调试，如安装调试不当，则轴承短时间就会出现异常。

(1) 截割部传动系统轴承安装、拆卸时，行星架摇臂侧由NCF1876V型轴承支承，煤壁端由M263349D轴承支承，零件有轴承、密封座、环、盖等，安装组件时，轴承外圈与端盖间的间隙（煤壁侧）应保留0.2~0.6mm。

(2) 安装双列圆锥滚子轴承时，将内圈感应加热至90~95℃，必须使用矿井防爆专用设备，迅速将内圈均匀压入，直至两者端面贴紧（在内圈冷却过

程中施加一定轴向力，防止冷却收缩，端面间产生缝隙）。

(3) 拆卸双列圆锥滚子轴承时，使用专用防爆超高压泵，将高压油注入A孔（行星架端面标记），待轴承内圈松动时，连同轴承座将轴承顶出；顶出量约50mm时，将超高压泵油注入B孔（行星架端面标记），待轴承内圈松动时，连同轴承座将轴承完全顶出。

1.2 理论计算温度对轴承寿命的影响

目前，滚动轴承寿命采用简化计算公式，通过公式(1)计算寿命系数 f_h ，再带入公式(2)计算出基本额定寿命 L_h 。

$$f_h = \frac{f_n f_T C}{f_F P} \tag{1}$$

- 式中： f_h - 寿命系数；
- f_T - 温度系数；
- f_n - 速度系数；
- f_F - 负荷系数；
- C - 基本额定动载荷；
- P - 当量动载荷。

公式(1)中寿命系数 f_h 与温度系数 f_T 成正比， f_T 按表2取值，在其他系数及载荷相同时，其大小与轴承工作温度成反比，轴承温度越高则 f_T 值越小，轴承寿命系数 f_h 越小。

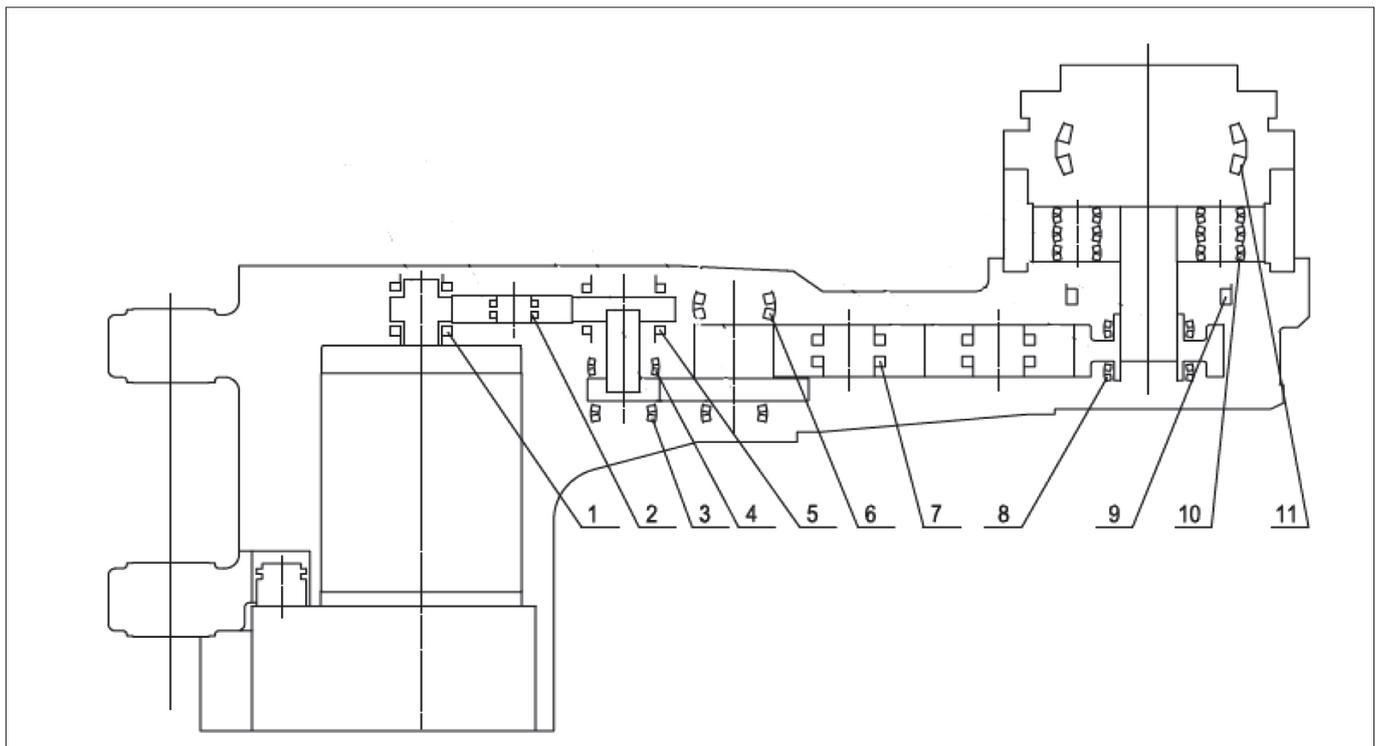


图1 采煤机截割部传动系统图

$$f_h = \varepsilon \sqrt{\frac{L_h}{500}} \quad (2)$$

式中： ε - 寿命指数，球轴承 $\varepsilon=3$ ，滚子轴承 $\varepsilon=10/3$ 。

表2 温度系数 f_T

轴承工作温度 /℃	温度系数 f_T
< 100	1
125	0.95
150	0.90
175	0.85
200	0.80
225	0.75
250	0.70
300	0.60
350	0.50

通过公式 (1)、(2) 中的 f_T 、 f_h 、 L_h 之间的理论计算，轴承工作温度升高时，其基本额定寿命 L_h 减小^[4]，可得到如下结论：轴承工作温度升高是产生异常的表现，会快速使轴承失效。

1.3 失效的形式分析

上文已分析了采煤机截割部传动系统滚动轴承失效的原因，失效后表现形式主要是轴承温度升高、噪声加大、抖动等^[5]。轴承在规定的工况下运转时，轴承温度不得超过环境温度 35℃，最高温度不得超过 75℃，如果温度持续升高，轴承将出现故障，同时伴有噪声和抖动等异常现象。轴承异响为嘎吱嘎吱、叮当叮当、吱啦吱啦等响声，分贝明显高于正常工作，可根据不同声响判断故障原因。设计轴承故障自动诊断系统，对温度、噪声的数值进行测试分析^[6]，提取故障信号特

征，通过数字信号处理技术，与控制系统终端相接，可实现对轴承故障的监测和报警。

2 采煤机滚动轴承自动检测系统

2.1 采煤机滚动轴承自动检测系统硬件设计

利用采煤机已有的互联网系统，将所设计的硬件系统并入，可共享其主机和其他设施，减少硬件的重复投入。本文设计的采煤机轴承故障自动诊断系统采用 STC 公司的 STC89C52 单片机为主控芯片，数据采集部分由温度传感器、噪声传感器和 A/D 转换部分组成。A/D 转换部分主要由专用型高精度 24 位 A/D 转换芯片 HX711 实现；语音报数模块由 WT588D 芯片实现，可语音报读开机功能介绍以及电子秤重量等内容，人机交互界面为点阵式 12864 显示屏，可直观地显示数据。系统总体框图如图 2 所示。

2.2 采煤机滚动轴承自动检测系统软件设计

软件部分主要实现数据的读取、显示及语音播放。

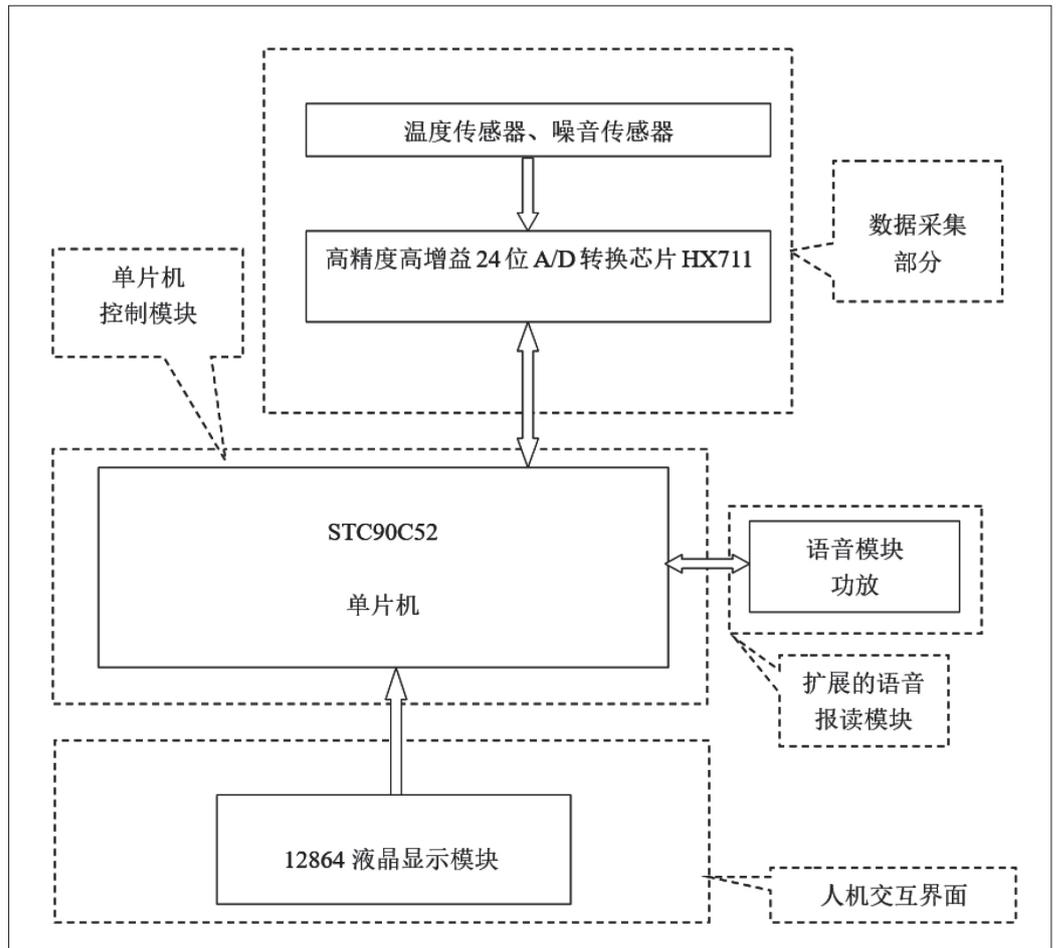


图2 系统设计总体框图

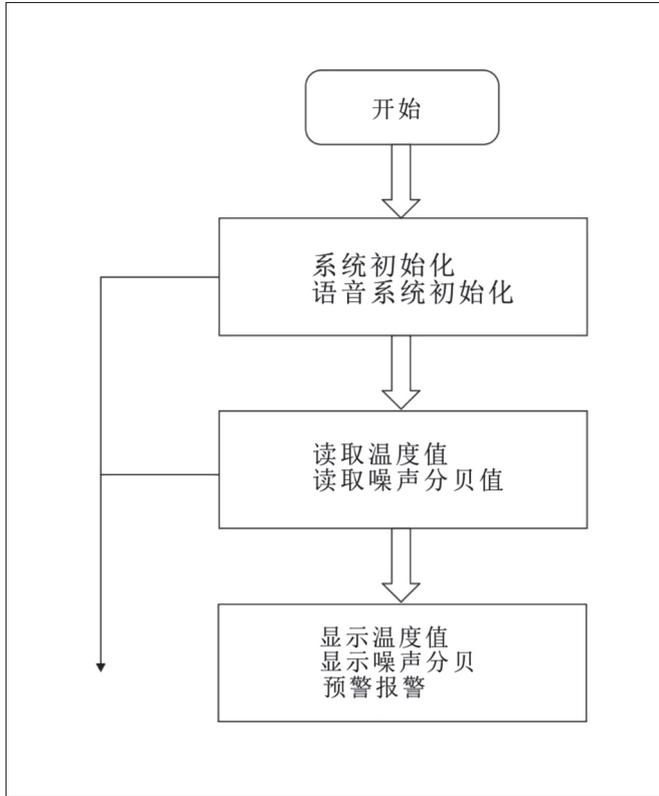


图3 控制程序设计流程图

- (1) 数据读取功能:精确读取温度及噪声分贝值。
- (2) 显示部分:显示系统名称、温度值以及噪声分贝值。
- (3) 语音播报:播报系统的温度、分贝及报警。

寄存器及系统功能初始化后,进行循环读取,读取数据采用多次取值的方式,去掉最大值和最小值,留下中间值取平均数,尽量保持数据读取的稳定性及精度。循环部分遵循先读取后显示的思路,高度模块

化,结构严谨,算法高效。软件系统流程图如图3所示。

3 结语

对采煤机截割部传动系统中滚动轴承进行自动监测系统设计,实现对轴承温度变化、噪声异响的实时检测,准确、快速找到故障位置,及时进行维修,可避免因轴承失效引发的传动轴、齿轮等连锁故障。本系统软硬件设计结构简单,配置合理,准确度高,与采煤机控制系统相兼容,模拟测试数据与设置故障基本一致,系统工作可靠性高。

参考文献:

- [1] 李艳超,杨兵华,刘欢,等.基于红外技术的滚动轴承温度场测量系统[J].轴承,2020(9):63-66.
- [2] 张羽.采煤机摇臂振动信号归一化实施方法研究[J].煤矿机械,2018,39(11):25-27.
- [3] 王方哲,朱永生,闫科,等.滚动轴承内圈温度无线监测技术[J].机械工程学报,2018(22):8-14.
- [4] 翟雨生.MG320/710-WD系列薄煤层电牵引采煤机的特点和关键技术[J].矿山机械,2015,43(10):14-17.
- [5] 仇学青,张鑫.滚动轴承故障诊断研究的国内现状与发展方向[J].煤矿机械,2007,28(6):6-8.
- [6] 王军.滚动轴承故障诊断[J].中国高教论丛,2002,24(2):27-30.

作者简介:郭在云(1966.05-),男,汉族,山东泰安人,本科,副教授,研究方向:机械制造、矿山机械教学与研究。