

矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方法研究

刘文龙¹ 张祥宇²

(1 抚顺矿业集团设计院有限责任公司 辽宁 抚顺 113000;
2 抚顺矿业集团有限责任公司工程技术研究中心 辽宁 抚顺 113000)

摘要: 传统方法在矿用皮带机安装调试及常见故障诊断中应用效果不佳, 不仅误诊率比较高, 而且诊断结果可信度比较低, 为此本文设计了一种矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方法。该设计方法通过对基础组件装配、支撑架安装以及皮带安装, 完成对矿用皮带机安装; 利用空载方式对矿用皮带机调试, 对皮带机传动误差修复; 根据矿用皮带机振动特征, 确定皮带机运行状态, 诊断识别皮带机故障类型, 以此实现矿用皮带机安装调试及常见故障诊断。经实验证明, 该设计方法误诊率在 1% 以内, 诊断结果可信度在 0.95 以上, 该设计方法在矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方面具有良好的应用前景。

关键词: 矿用皮带机; 安装调试; 故障诊断; 支撑架; 空载方式; 振动特征

0 引言

皮带机是现代化采矿作业中必不可少的机械设备, 其主要功能是矿产输送, 由于皮带机具有成本低、效率高、易操作等优点, 目前已经被广泛应用到采矿领域中, 并且得到了批量化生产^[1]。由于矿用皮带机安装与调试直接关系到在实际操作中运载功能的发挥, 间接影响到矿用皮带机运输效率与能耗, 为了保证采矿效率, 需要根据生产需求以及实际情况对矿用皮带机进行科学组装和调试, 确保皮带机可以正常使用^[2]。虽然矿用皮带机自身具备一定的自主控制功能, 但是在实际运行过程中仍然存在许多问题, 矿用皮带机长时间处于高载荷运行状态下, 并且运行环境比较恶劣, 在外在因素影响下矿用皮带机经常发生故障, 常见的故障包括打滑、跑偏、断带、异响等, 一旦出现故障, 不仅会影响采矿效率和质量, 而且还会提升采矿成本, 严重情况下会导致采矿作业停运, 影响到矿产开采进程^[3]。如果运行故障得不到及时地诊断与维修, 将会减少矿用皮带机使用寿命, 提升矿用皮带机能耗, 因此需要采取有效的手段对矿用皮带机常见故障诊断^[4]。随着矿产行业的不断发展, 对矿用皮带机安装调试及故障诊断要求不断提高, 不仅要保证矿用皮带机安装调试质量, 而且还要保证常见故障诊断精度。但是传统方法在实际应用中效果并不理想, 不仅误诊率比较高, 而且诊断结果可信度比较低, 因此传统方法已经无法满

足实际需求。本文对矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方法进行了研究。

1 矿用皮带机安装

矿用皮带机主要由基础组件、支撑架、皮带三部分组成, 按照由下到上的顺序, 对矿用皮带机进行安装^[5]。工作人员对矿用皮带机进行安装, 首先, 要将矿用皮带机各部分组件运输到现场, 确保组件齐全并且无缺陷情况下对矿用皮带机在现场进行安装; 其次, 在前期工作中, 在进行基本部件组装之前, 必须先对其进行测量和定位, 并根据施工图中所标注的坐标和参数, 借助巷道标记来划定皮带机架投影, 从而来决定其具体的安装地点, 并对总体的安装精度进行控制^[6]; 然后, 利用这些标记来校准矿用皮带机其他部件的定位, 这样就可以得到支撑垫板长度、高度等相关参数, 由专业技术人员利用 IFGAS-A4F7 信号水准仪对矿用皮带机标高重新校准; 最后, 在基础组件装配时考虑到巷道的特殊地势以及实际地形, 按照装配部件的尺寸来选择相应的焊机、吊车等附属装配设备。

完成基础组件装配后对矿用皮带机支撑架安装, 在对皮带机的两端支撑架进行安装的时候, 需要按照所界定的设备中轴线位置来进行设备的安装校正工作, 技术人员需要对支撑架进行校正和复测, 并将垂直线与水平点位的标记做好, 保证两端的位置与其中轴线一致^[7]。在必要时, 可以用水平尺来进

行相应的检测和测量工作,这样才能保证矿用皮带机安装的准确性,以保证安装精度。并在此基础上,对矿用皮带机支撑架底端脚板与预埋板使用螺栓加固,以增强支护的总体强度。在矿用皮带机支撑架的一端,将构件与预制面板、基座面板焊接在一起,以增强结构的强度。在进行中支承架的安装时,工作人员应该使用分段吊装方法来保证整个安装的顺利进行,并且在进行时要保证承载的部件都在相同的高度上。

皮带是矿井皮带机安装时必不可少的部件,因为大部分矿井的作业场地都比较狭窄,所以在对皮带安装时,很难利用其他的设备来完成皮带安装工作^[8]。由技术人员先将皮带机皮带的角度调整好,然后使用专用工具对皮带进行引导,通过对皮带加热硫化,清理掉硫化点两端的皮带接头。接着,用硫化和加热装置对两个端部进行接合,并调节皮带张力,防止皮带脱落。在皮带安装过程中,为确定具体的安装方式,技术人员要充分了解矿用皮带机的主要驱动部件。

2 矿用皮带机性能调试

性能调试是矿用皮带机安装后、正式投入使用之前必不可少的环节,在调试之前先将矿用皮带机各个组件的安装进行现场检验,避免因机身安装质量问题影响到调试精度,造成调试误差^[9]。确保安装无误后,采用空载方式对矿用皮带机进行测试,让矿用皮带机空载运行 60min,利用型号为 KHFA-FAS48 无线传感器采集矿用皮带机的基础运行状态数据,主要为矿用皮带机传动性能进行测试,其中包括矿用皮带机导向辊、限位辊以及张紧辊的整体运转数据,将采集到的运行数据与设计数据比对,确定矿用皮带机运行偏差,其计算公式为:

$$\varepsilon = \sum_{i=1} (x_i - \bar{x}_i) \quad (1)$$

式中: ε — 矿用皮带机空载偏差;
 i — 矿用皮带机传动指标数量;
 x_i — 第 i 个传动向量值;
 $\bar{x}_i$ — 第 i 个传动向量设计值。

将运行偏差与矿用皮带机最大允许偏差进行比对,如果小于最大允许偏差,则表示矿用皮带机符合质量验收标准,性能正常;如果大于最大允许偏差,则表示矿用皮带机不符合质量验收标准,将对应的

传动向量进行调整,减小矿用皮带机运行偏差,使其符合质量验收标准,以此实现了矿用皮带机性能调试^[10]。

3 故障诊断

矿用皮带机常见故障为打滑、断带、跑偏^[11],将该三个故障作为皮带机常见故障诊断输出,则可建立矿用皮带机故障辨识框架 Y :

$$Y = [A, B, C] \quad (2)$$

式中: A — 皮带机打滑故障;

B — 皮带机跑偏故障;

C — 皮带机断带故障。

无论是何种故障,都有一个共性故障特征,即矿用皮带机振动异常。正常情况下矿用皮带机振动频率规范,且振动信号幅频是在一定范围内,但是当出现故障时,皮带机振动信号波动异常,因此可以根据皮带机振动信号特征,识别诊断出皮带机故障。采用串并联的方式将型号为 OYHF-GAS77 振动传感器安装在皮带机轴承上,根据实际情况对传感器采样率、采样周期等技术参数进行设定,利用读卡器读取传感器采集到的振动信号,并发送到计算机上,在计算机上对数据进行预处理。采用小波分析技术对振动信号进行分解,提取信号特征,振动信号用公式表示为:

$$K(t) = \delta \psi[\delta(t - \varpi)] \quad (3)$$

式中: $K(t)$ — 分解后的皮带机振动信号;

t — 连续振动信号时间域;

δ — 变换尺度参量;

ψ — 小波函数;

ϖ — 位移参量。

提取到分解后振动信号的时域特征,在此设定一个阈值,如果公式(3)计算结果小于阈值,则表示矿用皮带机运行状态正常;如果公式(3)计算结果大于阈值,则表示矿用皮带机存在故障。将其与每个故障类型对应的振动信号时域幅度范围进行一一比对,输出与振动信号时域特征相符的故障类型,其用公式表示为:

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{if } \rho_{\min} \leq \rho^{K(t)} \leq \rho_{\max} \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (4)$$

式中: 1 — 是当前比对故障类型;

0 – 不是当前比对故障类型；
 $\rho_{\min}$ – 故障类型对应的最小振动信号时域幅度；
 $\rho_{\max}$ – 故障类型对应的最大振动信号时域幅度。
如果公式（4）计算结果为“0”，则继续利用公式（4）对下一个故障类型进行匹配；如果公式（4）计算结果为“1”，则皮带机故障辨识框架输出对应的故障类型，以此实现对矿用皮带机常见故障诊断。

4 实验论证

4.1 实验准备与设计

完成上述矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方法设计后，为实现对设计方法在实际应用中效果的检验，本文采用对比实验的方式对设计方法的适用性与可靠性进行检验。实验以某矿用皮带机为实验对象，该皮带机型号为 KHFA-GAS478，功率为 80kW，质量为 1000kg，输送距离为 1500mm，利用本文设计方法对该矿用皮带机安装调试及常见故障诊断。为了保证实验数据与实验结果具有一定的说明性与可靠性，实验选择两种传统方法作为比较对象，两种传统方法分别为基于小波包分析技术的诊断方法和基于 BP 神经网络的诊断方法，以下分别用传统方法 1 与传统方法 2 表示。按照上述流程对矿用皮带机进行安装、性能调试，以及故障诊断，实验共获取到 10000 份矿用皮带机振动数据样本。矿用皮带机振动信号数据图如图 1 所示。

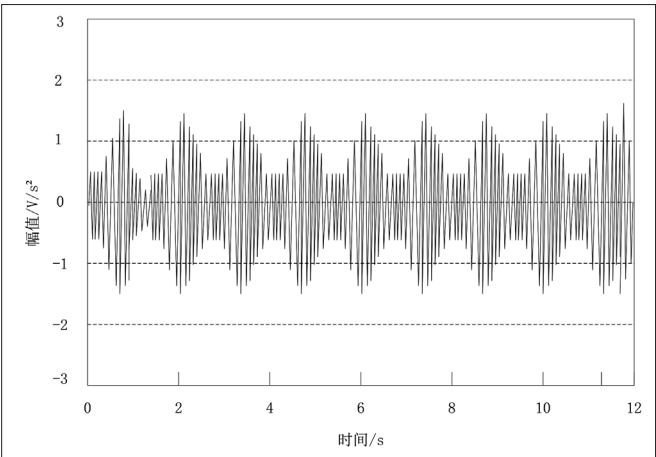


图 1 矿用皮带机振动信号示意图

实验中共诊断皮带机常见故障样本 56 个，设计方法基本可以完成矿用皮带机安装调试及常见故障诊断任务，以下对具体诊断效果进行验证。

4.2 实验结果与讨论

实验以误诊率作为三种方法故障诊断精度评价指标，误诊率可以反映出故障诊断的精准性，其计算公式为：

$$ER = \frac{TF + TP}{TF + TP + NF + NP}$$
 (5)

式中： ER – 矿用皮带机故障诊断误诊率；
 TF – 实际为正常样本被诊断为故障样本数量；
 TP – 实际为故障样本被诊断为正常样本数量；
 NF – 正常样本被诊断为正常样本数量；
 NP – 故障样本被诊断为故障样本数量。

误诊率越高，则表示故障诊断精准度越低，实验以故障诊断次数为变量，利用公式（5）计算出三种方法误诊率，使用电子表格对实验数据记录，具体数据如表 1 所示。

表 1 三种方法误诊率对比 / %

诊断次数 / 次	设计方法	传统方法 1	传统方法 2
1000	0.12	3.15	2.14
2000	0.24	4.21	2.86
3000	0.36	5.03	3.14
4000	0.41	5.76	4.25
5000	0.46	6.35	5.13
6000	0.52	7.41	6.41
7000	0.59	8.25	7.15
8000	0.67	9.36	8.36
9000	0.71	10.02	9.44
10000	0.86	11.12	10.24

从表 1 中数据可以看出，三种方法在误诊率方面表现出明显的差异，虽然三种方法误诊率均随着诊断次数的增加而增加，但是设计方法误诊率变化幅度比较小，当诊断次数达到 10000 次时，设计方法误诊率仅为 0.86%，可以将误诊率控制在 1% 以内。而两种传统方法误诊率均随着诊断次数的增加而大幅度增长，当诊断次数达到 10000 次时，传统方法 1 误诊率比设计方法高将近 10.5%，传统方法 2 误诊率比设计方法高将近 9.5%。因此，实验数据证明：在误诊率方面，设计方法优于两种传统方法。为了进一步验证设计方法的适用性，对三种方法诊断结果可信度进行对比，可信度可以反映出故障诊断结果与实际相符程度，其计算公式为：

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum s}{S} \right) \tag{6}$$

式中： α — 诊断结果的可信度；
 k — 诊断次数；
 s — 第 k 次故障诊断方差；
 S — 总诊断方差。

可信度取值范围为 0 ~ 1，数值越接近 1，则表示诊断结果的真实性越高，可信程度越高。对于该指标的检验共设计十组实验，每组实验进行 10 次故障诊断，利用公式（6）计算出每组实验中三种方法诊断结果可信度值，使用电子表格对实验数据记录，具体数据如表 2 所示。

表 2 三种方法诊断结果可信度对比

实验组别	设计方法	传统方法 1	传统方法 2
第一组	0.98	0.56	0.56
第二组	0.99	0.52	0.49
第三组	0.99	0.41	0.52
第四组	0.98	0.48	0.56
第五组	0.96	0.44	0.47
第六组	0.97	0.36	0.49
第七组	0.95	0.54	0.52
第八组	0.98	0.51	0.51
第九组	0.99	0.48	0.48
第十组	0.99	0.43	0.45

从表 2 中数据可以看出，三种方法在诊断结果可信度方面表现出明显的差异，设计方法诊断结果可信度范围为 0.95 ~ 0.99，可以将可信度控制在 0.95 以上，说明设计方法诊断结果基本与实际情况一致；而两种传统方法诊断结果可信度相对比较低，传统方法 1 诊断结果可信度范围为 0.36 ~ 0.54，可以将可信度控制在 0.45，传统方法 2 诊断结果可信度范围为 0.41 ~ 0.56，可以将可信度控制在 0.43。因此，本次实验证明：无论是在误诊率方面还是在诊断结果可信度方面，设计方法均表现出明显的优势，相比较而言，设计方法更适用于矿用皮带机安装调试及常见故障诊断。

5 结语

安装调试及常见故障诊断是矿用皮带机运维管控工作中重要环节，同时也是保障矿用皮带机正常、稳定运行的技术手段，本文结合矿用皮带机结构特

征以及常见故障表现特征，针对传统方法存在的不足与缺陷，提出了一种新的故障诊断思路，有效降低了矿用皮带机常见故障误诊率，提高了诊断结果可信度，为矿用皮带机安装调试及常见故障诊断方法研究提供了参考依据，同时也为实际操作提供了理论支撑，并提高了矿用皮带机故障诊断工作自动化、智能化水平，具有良好的现实意义。但是由于此次研究时间有限，设计方法尚处于初步探索阶段，在方法优化设计方面需要展开进一步研究，促进采矿行业又好又快发展。

参考文献：

[1] 薛玮. 煤矿皮带机安装调试常见故障处理技术 [J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (03):149-151.

[2] 李鹏. 煤矿皮带机安装调试常见故障处理 [J]. 矿业装备, 2023 (03):198-200.

[3] 李乾. 煤矿主运输皮带故障智能诊断与保护研究 [J]. 当代化工研究, 2023 (04):98-100.

[4] 马建勇, 彭程程, 毕懿琳, 等. 输煤皮带机滚动轴承故障诊断方法研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (10):182-183+294.

[5] 王鹏. 煤矿皮带机安装调试常见故障处理技术质量研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (15):171-173.

[6] 王艳. 基于声音阵列和图像处理的皮带机跑偏检测系统 [J]. 测控技术, 2022, 41 (06):19-25.

[7] 许彬, 和司尧, 陈俊强, 等. 双犁式多点卸料皮带机安装工艺及常见故障分析 [J]. 粮食与食品工业, 2020, 27 (05):61-63.

[8] 马孝杰. 煤矿皮带机安装调试常见故障处理技术 [J]. 中国新技术新产品, 2020 (14):49-50.

[9] 海玉虎. 煤矿皮带机安装调试过程中的常见故障的分析 [J]. 中小企业管理与科技, 2020 (09):156-157.

[10] 崔亮亮. 煤矿皮带机安装调试常见故障研究 [J]. 西部探矿工程, 2020, 32 (02):109-110.

[11] 冀杰. 基于平移多小波诊断矿用皮带机齿轮系统故障研究 [J]. 机电工程技术, 2020, 49 (01):186-188.

作者简介：刘文龙（1982.12-），男，汉族，辽宁抚顺人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：矿山机械设备安装及设计工作；张祥宇（1983.06-），男，汉族，辽宁抚顺人，本科，高级工程师，研究方向：工程设计和新产品开发。