



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114412447 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 29

(21) 申请号 202111674260.3

(22) 申请日 2021.12.31

(71) 申请人 沈阳中科奥维科技股份有限公司
地址 110000 辽宁省沈阳市浑南区高歌路
6-2号

(72) 发明人 杨斌 闫学峰 王雨 国际
郑丽臣 刘元华 马德斌 马宇飞

(74) 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限公司 23115

代理人 马微

(51) Int. Cl.
E21B 47/008 (2012.01)

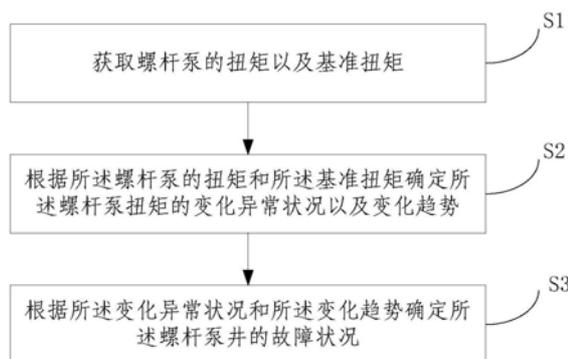
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种螺杆泵井的故障检测方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及采油工艺技术领域,尤其涉及一种螺杆泵井的故障检测方法及装置。该螺杆泵井的故障检测方法及装置,包括获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。本发明提供一种螺杆泵井的故障检测方法及装置有效提高螺杆泵井工况诊断的准确性;降低油井边缘端运行的资源消耗,提高边缘端程序的运行效率,同时弥补人工智能算法在某些不常见工况诊断上的不足。



1. 一种螺杆泵井的故障检测方法,其特征在于,包括:

获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取螺杆泵的扭矩,包括:

获取电机输入功率;

根据所述电机输入功率以及电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系确定所述螺杆泵的扭矩。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,根据以下公式确定所述电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系:

$$M = 9550Bp\eta (P_{in} - a f_i^2 - b f_i - c) / [(1 - k \frac{f_w}{f_i} S_n) 60 f_i],$$

其中, P_{in} 为电机输入功率, M 为螺杆泵扭矩, B 为螺杆泵系统减速装置的减速比, p 为电机的极对数, η 为螺杆泵系统减速装置的效率, a 、 b 、 c 为拟合系数, f_i 为电机的变频频率, f_w 为工频, k 为空载系数, S_n 为电机转速。

4. 如权利要求1至3任一项所述的方法,其特征在于,根据以下任一方式获取所述基准扭矩:

方式一:采用理论扭矩值计算方法或经验公式进行计算;

方式二:取螺杆泵井正常生产时的扭矩;

方式三:取同一种型号的螺杆泵在相同生产参数下正常工况的统计平均值。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况,包括:

根据所述螺杆泵每秒的扭矩和所述基准扭矩或者根据所述螺杆泵邻近两秒的扭矩确定第一偏差,在所述第一偏差超过第一阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的秒级数据变化 T_s 存在变化异常状况;

根据所述螺杆泵每分钟内平均扭矩和所述基准扭矩确定第二偏差,在所述第二偏差超过第二阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化 T_m 存在变化异常状况;

根据所述螺杆泵每小时内平均扭矩和所述基准扭矩确定第三偏差,在所述第三偏差超过第三阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化 T_h 存在变化异常状况;

根据所述螺杆泵每天内平均扭矩和所述基准扭矩确定第四偏差,在所述第四偏差超过第四阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化 T_d 存在变化异常状况。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化趋势,包括:

根据每分钟前第一设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化趋势 ΔT_m ;

根据每小时前第二设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化趋势 ΔT_h ;

根据每天前第三设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化趋

势 ΔT_d 。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况,包括:

在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者平稳、并且所述 T_m 在第四设定时间内下降到第五阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在杆断故障;

在所述 T_m 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_h 为下降、并且所述 T_h 下降到第六阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在管漏故障;

在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者波动、并且所述 T_m 在第五设定时间内下降到第七阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子脱落故障;

在所述 T_s 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_m 为上升或者波动或者下降的情况下,确定所述螺杆泵井存在泵漏故障;

在所述 T_d 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_d 为上升的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子溶胀。

8. 一种螺杆泵井的故障检测装置,其特征在于,包括:

第一获取单元,获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

第一确定单元,根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

第二确定单元,根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

一种螺杆泵井的故障检测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及采油工艺技术领域,尤其涉及一种螺杆泵井的故障检测方法及装置。

背景技术

[0002] 螺杆泵采油作为一种成熟的采油工艺,以其便于控制、出砂与稠油适应性强等特点被国内外各大油田普遍采用。近年来,随着油田数字化与物联网建设的推进,基于实时采集参数的螺杆泵井工况诊断技术已成为油气生产物联网深化应用的核心技术之一。该技术基于螺杆泵井生产数据的特征,进行主要故障的诊断,作为工况监控与报警预警的主要技术支撑,为螺杆泵井生产优化相关的措施决策提供重要参考,对实现螺杆泵井的智能化管理有着非常重要的意义。

[0003] 目前该技术总体成熟度有限,需要进行进一步的研究提升。如何进一步将采油工程理论与数字化采集测试、人工智能分析深入结合是提升该技术的关键之一。

发明内容

[0004] (一)要解决的技术问题

[0005] 本发明实施例提供了一种螺杆泵井的故障检测方法,以克服现有技术中存在的螺杆泵井工况诊断的准确性不高以及工作效率较低的问题。

[0006] (二)技术方案

[0007] 为解决上述问题,本发明实施例提供了一种螺杆泵井的故障检测方法,包括:

[0008] 获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

[0009] 根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

[0010] 根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

[0011] 优选地,所述获取螺杆泵的扭矩,包括:

[0012] 获取电机输入功率;

[0013] 根据所述电机输入功率以及电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系确定所述螺杆泵的扭矩。

[0014] 优选地,根据以下公式确定所述电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系:

$$[0015] \quad M = 9550Bp\eta (P_{in} - a f_i^2 - b f_i - c) / [(1 - k \frac{f_w}{f_i} S_n) 60 f_i],$$

[0016] 其中, P_{in} 为电机输入功率, M 为螺杆泵扭矩, B 为螺杆泵系统减速装置的减速比, p 为电机的极对数, η 为螺杆泵系统减速装置的效率, a 、 b 、 c 为拟合系数, f_i 为电机的变频频率, f_w 为工频, k 为空载系数, S_n 为电机转速。

[0017] 优选地,根据以下任一方式获取所述基准扭矩:

[0018] 方式一:采用理论扭矩值计算方法或经验公式进行计算;

[0019] 方式二:取螺杆泵井正常生产时的扭矩;

[0020] 方式三:取同一种型号的螺杆泵在相同生产参数下正常工况的统计平均值。

[0021] 优选地,所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况,包括:

[0022] 根据所述螺杆泵每秒的扭矩和所述基准扭矩或者根据所述螺杆泵邻近两秒的扭矩确定第一偏差,在所述第一偏差超过第一阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的秒级数据变化 T_s 存在变化异常状况;

[0023] 根据所述螺杆泵每分钟内平均扭矩和所述基准扭矩确定第二偏差,在所述第二偏差超过第二阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化 T_m 存在变化异常状况;

[0024] 根据所述螺杆泵每小时内平均扭矩和所述基准扭矩确定第三偏差,在所述第三偏差超过第三阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化 T_h 存在变化异常状况;

[0025] 根据所述螺杆泵每天内平均扭矩和所述基准扭矩确定第四偏差,在所述第四偏差超过第四阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化 T_d 存在变化异常状况。

[0026] 优选地,所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化趋势,包括:

[0027] 根据每分钟前第一设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化趋势 ΔT_m ;

[0028] 根据每小时前第二设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化趋势 ΔT_h ;

[0029] 根据每天前第三设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化趋势 ΔT_d 。

[0030] 优选地,所述根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况,包括:

[0031] 在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者平稳、并且所述 T_m 在第四设定时间内下降到第五阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在杆断故障;

[0032] 在所述 T_m 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_h 为下降、并且所述 T_h 下降到第六阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在管漏故障;

[0033] 在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者波动、并且所述 T_m 在第五设定时间内下降到第七阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子脱落故障;

[0034] 在所述 T_s 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_m 为上升或者波动或者下降的情况下,确定所述螺杆泵井存在泵漏故障;

[0035] 在所述 T_d 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_d 为上升的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子溶胀。

[0036] 另一方面,本发明还提供一种螺杆泵井的故障检测装置,包括:

[0037] 第一获取单元,获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

[0038] 第一确定单元,根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

[0039] 第二确定单元,根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

[0040] (三)有益效果

- [0041] 本发明提供的螺杆泵井的故障检测方法及装置,具有如下优点:
- [0042] (1) 提高螺杆泵井工况诊断的准确性;
- [0043] (2) 降低油井边缘端运行的资源消耗,提高边缘端程序的运行效率;
- [0044] (3) 可以弥补人工智能算法在某些不常见工况诊断上的不足。

附图说明

- [0045] 图1为本发明实施例螺杆泵井的故障检测方法的流程示意图;
- [0046] 图2为本发明实施例螺杆泵井的故障诊断实现过程示意图;
- [0047] 图3为本发明实施例螺杆泵井的故障检测装置结构示意图。

具体实施方式

[0048] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0049] 如图1所示,本发明提供一种螺杆泵井的故障检测方法,具体包括如下步骤:

[0050] 步骤S1:获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

[0051] 步骤S2:根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

[0052] 步骤S3:根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

[0053] 其中,步骤S1中获取螺杆泵的扭矩,包括:

[0054] S11、获取电机输入功率;

[0055] 根据所述电机输入功率以及电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系确定所述螺杆泵的扭矩。

[0056] 其中,根据以下公式确定所述电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系:

[0057] 根据电工学基础理论,可获得考虑变频条件下,电机输入功率与螺杆泵扭矩之间的关系,如公式(1)所示

$$[0058] \quad P_{in} = \Delta P + \frac{(1 - k \frac{f_w}{f_i} S_n) 60 f_i}{9550 b p \eta} M \quad (1)$$

[0059] 变频条件下,空载损耗为变频频率的函数,可将其表示如多项式拟合公式(2)所示:

$$[0060] \quad \Delta P = a f_i^2 + b f_i + c \quad (2)$$

[0061] 将公式(2)带入公式(1),可得公式(3)

$$[0062] \quad P_{in} = a f_i^2 + b f_i + c + \frac{(1 - k \frac{f_w}{f_i} S_n) 60 f_i}{9550 b p \eta} M \quad (3)$$

[0063] 将公式(3)变形可得公式(4)

$$[0064] \quad M = 9550 B p \eta (P_{in} - a f_i^2 - b f_i - c) / [(1 - k \frac{f_w}{f_i} S_n) 60 f_i], \quad (4)$$

[0065] 其中, P_{in} 为电机输入功率, M 为螺杆泵扭矩, B 为螺杆泵系统减速装置的减速比, p 为电机的极对数, η 为螺杆泵系统减速装置的效率, a 、 b 、 c 为拟合系数, f_i 为电机的变频频率, f_w 为工频, k 为空载系数, S_n 为电机转速。

[0066] 公式 (3) 中 b 、 p 为具体电机型号下的常数, P_{in} , f_i , S_n 可测电参, f_w 为 50, 待定系数为 a 、 b 、 c 、 k 、 η 。用最小二乘法进行求解, 通过连续变频调速, 获取至少 5 组数值 (P_{in} , f_i , T , S_n) 便可以求解出待定系数。建议取 10 个点。计算获得待定系数后 a 、 b 、 c 、 k 、 η , 即完成设备的调试。以后正常应用时, 即可用公式 (4) 进行扭矩的计算。

[0067] 可以通过设备现场调试 (测试扭矩) 时, 只要更换电机以及取动装置, 就不需要再次测试扭矩。即, 可以根据测试的电参计算出更加准确的扭矩, 结合扭矩及电参的变化, 进行极端工况的诊断。

[0068] 上述公式中符号的意义:

[0069] P_{in} 输入功率, kw;

[0070] ΔP , 空载功率, kw;

[0071] k , 空载系数, 无量纲;

[0072] f_w , 工频, 一般取 60Hz;

[0073] f_i , 变频频率

[0074] b , 减速比, 由螺杆泵系统的减速装置确定, 无量纲;

[0075] p , 极对数, 由电机参数确定, 无量纲;

[0076] η , 减速装置效率, 无量纲;

[0077] a 、 b 、 c , 拟合系数, 无量纲。

[0078] 其中, 步骤 S1 中根据以下任一方式获取所述基准扭矩:

[0079] 方法一: 扭矩基准值选择的首先采用采油工程手册提供的理论扭矩值计算方法或特定单位的经验公式进行计算。

[0080] 方法二: 取一口螺杆泵井正常生产是经过功率换算的扭矩;

[0081] 方法三: 应用大数据分析提取同一种型号的螺杆泵在相同生产参数下正常工况的统计平均值。

[0082] 其中, 所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况, 包括:

[0083] 根据所述螺杆泵每秒的扭矩和所述基准扭矩或者根据所述螺杆泵邻近两秒的扭矩确定第一偏差, 在所述第一偏差超过第一阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的秒级数据变化 T_s 存在变化异常状况;

[0084] 根据所述螺杆泵每分钟内平均扭矩和所述基准扭矩确定第二偏差, 在所述第二偏差超过第二阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化 T_m 存在变化异常状况;

[0085] 根据所述螺杆泵每小时内平均扭矩和所述基准扭矩确定第三偏差, 在所述第三偏差超过第三阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化 T_h 存在变化异常状况;

[0086] 根据所述螺杆泵每天内平均扭矩和所述基准扭矩确定第四偏差, 在所述第四偏差超过第四阈值的情况下确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化 T_d 存在变化异常状况。

[0087] 其中, 所述根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化趋势, 包括:

[0088] 根据每分钟前第一设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的分钟级数据变化趋势 ΔT_m ;

[0089] 根据每小时前第二设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的小时级数据变化趋势 ΔT_h ;

[0090] 根据每天前第三设定时间内所述螺杆泵的扭矩确定所述螺杆泵扭矩的日数据变化趋势 ΔT_d 。

[0091] 其中,所述根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况,包括:

[0092] 在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者平稳、并且所述 T_m 在第四设定时间内下降到第五阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在杆断故障;

[0093] 在所述 T_m 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_h 为下降、并且所述 T_h 下降到第六阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在管漏故障;

[0094] 在所述 T_s 变化异常状况为变小异常、所述 ΔT_m 为下降或者波动、并且所述 T_m 在第五设定时间内下降到第七阈值的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子脱落故障;

[0095] 在所述 T_s 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_m 为上升或者波动或者下降的情况下,确定所述螺杆泵井存在泵漏故障;

[0096] 在所述 T_d 变化异常状况为变大异常、并且所述 ΔT_d 为上升的情况下,确定所述螺杆泵井存在定子溶胀。

[0097] 数据处理方面具体包括:

[0098] 主要应用经过电参转换出的扭矩值与基准扭矩相比的变化幅度,将实时采集计算的参数处理为以下四个时间维度的数据,进行变化率和趋势分析:

[0099] 1) T_s : 秒级数据变化,与基准值相比偏差超过30%或前后对比值,超过30%,进入预警状态

[0100] 2) T_m : 分钟级数据变化,取每分钟60个秒级数据的平均值,与基准值相比,变化率超过20%进行预警,每分钟计算过去60分钟里分钟级数据的变化趋势(60点的线性拟合) ΔT_m ,分为上升、下降、平稳、波动四种状态。

[0101] 3) T_h : 小时级数据趋势变化,取每小时60个分钟级数据的平均值,与基准值相比,变化超过15%进行预警。每小时,计算过去72小时里小时级数据的变化趋势 ΔT_h (72点的线性拟合),分为上升、下降、平稳、波动四种状况。

[0102] 4) T_d : 日数据趋势变化,取每天24个的小时级数据的平均值作为日数据,与基准值相比,变化超过10%进行预警,每天计算过去30天内日数据的变化趋势, ΔT_d ,分为上升、下降、平稳、波动四种状况。

[0103] (3) 故障诊断

[0104] 1) 杆断故障诊断:满足以下条件:

[0105] A、 T_s 变小预警;B、 ΔT_m 的趋势为下降+平稳;C、 T_m 半小时内下降到基准值的30%以下。

[0106] 2) 管漏故障诊断:满足以下条件:

[0107] A、 T_m 变小预警;B、 ΔT_h 的趋势为下降;C、 T_h 下降到基准值的80%以下。

[0108] 3) 定子脱落故障诊断:满足以下条件:

[0109] A、 T_s 变小预警;B、 ΔT_m 的趋势为下降+波动;C、 T_m 半小时内下降到基准值的30%以下。

[0110] 4) 泵漏(短期破坏)故障诊断:满足以下条件:

[0111] A、 T_s 变大预警;B、 ΔT_m 的趋势为上升+波动+下降;

[0112] 5) 定子溶胀主要特征:满足以下条件:

[0113] A、 T_d 变大预警;B、 ΔT_d 的趋势为上升;

[0114] 6) 非故障工况:排除上述故障且数据采集准确的情况下,可以确定为非故障工况,对于非故障工况的处理,见本专利的相关的专利-一种螺杆泵井工况分析与液量计量方法。

[0115] 如图2所示,在实际应用中,该螺杆泵井的故障检测方法可以分为:首先进行电参转扭矩,然后对实时扭矩数据进行多维度的处理,然后数据变化率与变化趋势,进行故障的诊断。

[0116] 如图3所示,本发明还提供一种螺杆泵井的故障检测装置,包括:

[0117] 第一获取单元1,获取螺杆泵的扭矩以及基准扭矩;

[0118] 第一确定单元2,根据所述螺杆泵的扭矩和所述基准扭矩确定所述螺杆泵扭矩的变化异常状况以及变化趋势;

[0119] 第二确定单元3,根据所述变化异常状况和所述变化趋势确定所述螺杆泵井的故障状况。

[0120] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0121] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

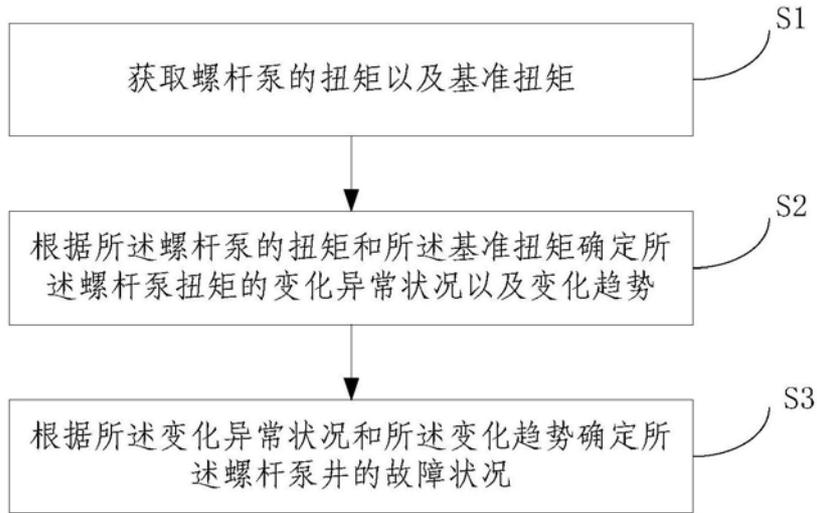


图1

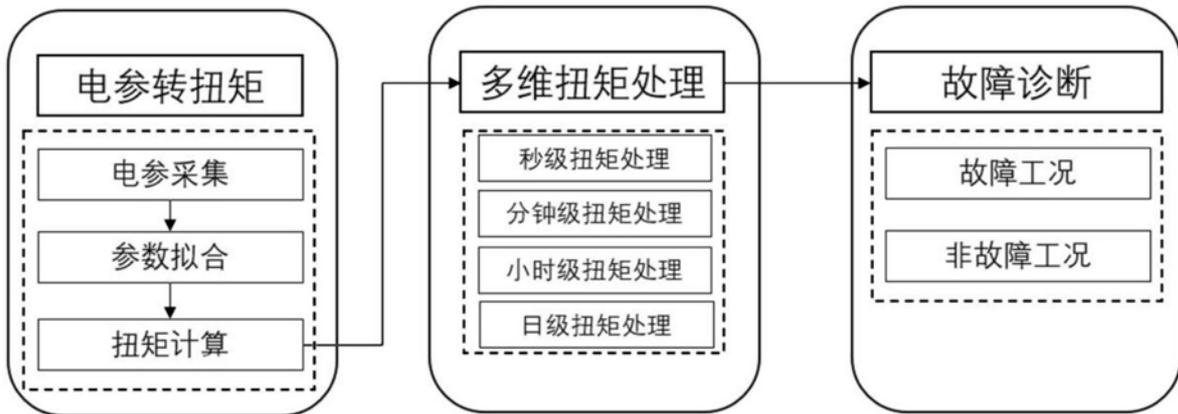


图2

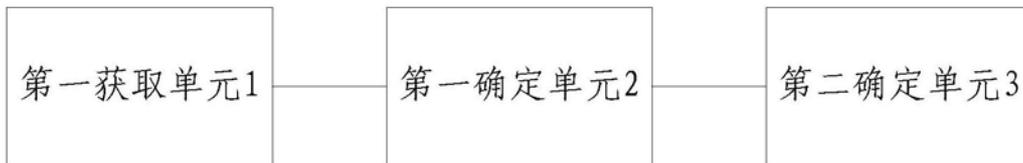


图3