

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 3 月 4 日 (04.03.2021)



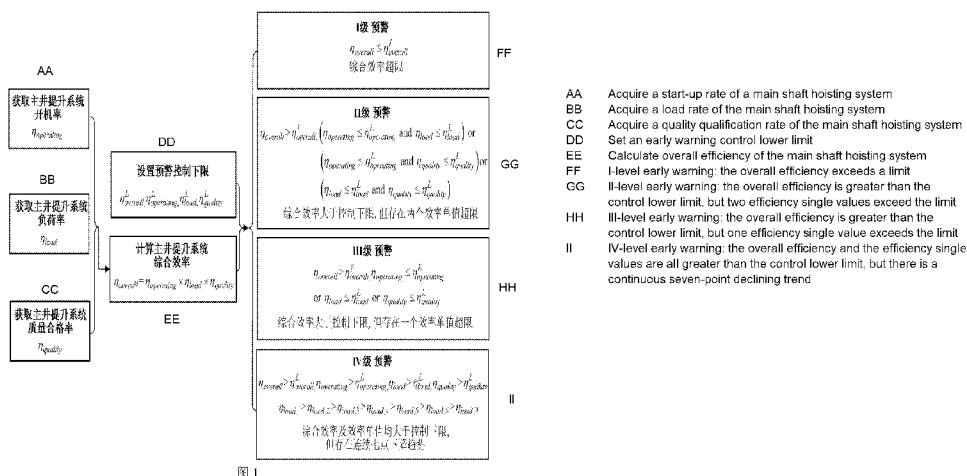
(10) 国际公布号
WO 2021/035893 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06Q 10/06 (2012.01) *G06Q 50/02* (2012.01)
G06Q 10/04 (2012.01) *E21F 17/18* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/110987
- (22) 国际申请日: 2019 年 10 月 14 日 (14.10.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910783124.4 2019年8月23日 (23.08.2019) CN
- (71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市经济技术开发区前湾港路 579号, Shandong 266590 (CN)。

- (72) 发明人: 贾顺(JIA, Shun); 中国山东省青岛市经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。袁清和(YUAN, Qinghe); 中国山东省青岛市经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。胡罗克(HU, Luoke); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路 38 号, Zhejiang 310013 (CN)。
- (74) 代理人: 北京汇捷知识产权代理有限公司(普通合伙)(BEIJING HUIJIE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY FIRM); 中国北京市丰台区西四环南路 101 号 5 层 5001 号, Beijing 100070 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: MULTI-LEVEL EARLY WARNING METHOD FOR OVERALL EFFICIENCY OF MAIN SHAFT HOISTING SYSTEM

(54) 发明名称: 一种主井提升系统综合效率多级预警方法



(57) Abstract: Provided is a multi-level early warning method for overall efficiency of a main shaft hoisting system. The method comprises: firstly, setting start-up rate, load rate and hoisting quality qualification rate control lower limit of a main shaft hoisting system, and thus performing calculation to acquire an overall efficiency control lower limit of the main shaft lifting system; then, acquiring the starting rate, the load rate, the hoisting quality qualification rate and the overall efficiency of the main shaft lifting system within an evaluation period; comparing and analyzing each acquired efficiency with a preset corresponding efficiency control lower limit, determining whether the system is in a normal state or not by combining the change trend of the efficiency; and if the system is in an abnormal state, determining the grade of abnormality, giving I-IV level early warning prompts, and displaying corresponding abnormal indexes on a display screen. An operator of the main shaft hoisting system can adjust and control the main shaft hoisting system in a targeted manner, and effective pre-event early warning of the overall efficiency of the main shaft hoisting system is achieved. The method is a practical and effective pre-event multi-level early warning method for the overall efficiency of the main shaft hoisting system.

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种主井提升系统综合效率多级预警方法, 首先设置主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率控制下限, 进而计算获得主井提升系统综合效率控制下限; 接着获取评估周期内的主井提升系统开机率、负荷率、提升质量合格率和综合效率, 将获取的各效率与预设的相应效率控制下限进行对比分析, 结合各效率的变化趋势, 判断是否处于正常状态, 若处于非正常状态, 则判定属于何种等级异常, 给出I到IV级预警提示, 并将相应的异常指标显示在显示屏上。使主井提升系统操作者有针对性地调整控制主井提升系统, 实现主井提升系统综合效率的事前有效预警。该方法是一种实用有效的主井提升系统综合效率事前多级预警方法。

一种主井提升系统综合效率多级预警方法

技术领域

本发明涉及矿山企业生产系统综合效率预警领域，尤其是一种主井提升系统综合效率多级预警方法。

背景技术

矿山企业主井提升系统是主煤流运输系统中的关键子系统，主井提升系统的综合效率管控影响着矿山企业主煤流系统综合产出效率及企业的整体产出效率。因此，研究矿山企业主井提升系统综合效率多级预警方法是矿山企业主煤流系统及生产系统整体效率管控的重要任务。

专门针对矿山企业主井提升系统综合效率管控方面的研究并不多见。公开号为 CN108665168A 的专利文献公开了一种精益生产用主井提升系统综合效率评估与监测方法，给出了影响主井提升系统综合效率的开机率、负荷率、提升质量合格率的计算公式及获取方法，并且对主井提升系统综合效率进行简单的超限报警。上述文献能够实现主井提升系统综合效率超过控制界限的事后报警，但是不能实现主井提升系统综合效率的事前预警。因此，迫切需要研究主井提升系统综合效率的事前预警方法。本发明方法则是为了解决上述问题，提出一种主井提升系统综合效率多级预警方法，实现在主井提升系统综合效率没有超限时，但是影响主井提升系统综合效率的开机率、负荷率或提升质量合格率超限，或者出现规律异常时的事前预警。

发明内容

本发明的目的在于提供一种能够对矿山企业主井提升系统综合效率进行事前多级预警的方法，从而实现主井提升系统综合效率的实时有效管控。

一种主井提升系统综合效率多级预警方法，包括如下步骤：

步骤 1，设置主井提升系统综合效率控制下限为 $\eta_{overall}^L$ 、主井提升系统开机率控制下限为 $\eta_{operating}^L$ 、主井提升系统负荷率控制下限为

η_{load}^L 和主井提升系统提升质量合格率控制下限为 $\eta_{quality}^L$ ；

步骤 2，评估周期时间设置为 Δt ，获取评估周期内主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ ，负荷率 η_{load} 和提升质量合格率 $\eta_{quality}$ ；

步骤 3，基于上述的主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率数据，计算主井提升系统综合效率，其计算模型为：

$$\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$$

其中： $\eta_{overall}$ 表示主井提升系统综合效率， $\eta_{operating}$ 表示主井提升系统开机率， η_{load} 表示主井提升系统负荷率， $\eta_{quality}$ 主井提升系统提升质量合格率；

步骤 4，将评估周期内得到的主井提升系统综合效率 $\eta_{overall}$ 、主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ 、负荷率 η_{load} 和提升质量合格率 $\eta_{quality}$ 与预先设置的各效率控制下限进行对比；

步骤 5，根据上述对比结果，分析判断主井提升系统效率情况：若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，开机率、负荷率和提升质量合格率同时满足关系式： $\eta_{operating} > \eta_{operating}^L$ 、 $\eta_{load} > \eta_{load}^L$ 和 $\eta_{quality} > \eta_{quality}^L$ ，表明主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率都没有低于控制下限，此时仍然需要对主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率进行趋势判断，其中任何一个效率指标出现连续七点下降趋势，表明该指标有趋势异常，则进行 IV 级预警，并将有异常的效率指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，但是开机率、负荷率和提升质量合格率中有一项指标小于等于控制下限，即满足如下关式： $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 或 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ 或 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，则表明主井提升系统异常，进行 III 级预警，并将有异常的效率指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，但是开机率、负荷率和提升质量合格率中有两项指标小于等于控制下限，即满足 $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 且 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ ，或者满足 $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 且 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，或者满足 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ 且 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，则表明主井提升系统异常，进行 II 级预警，并将有异常的指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} \leq \eta_{overall}^L$ ，则表明主井提升系统综合效率超限，进行 I 级预警，将有异常的主井提升系统综合效率及其异常子效率指标（开机率、负荷率或提升质量合格率）显示在显示

屏上；若无上述四类异常出现，则表明主井提升系统处于正常状态，电子屏上显示正常；

步骤 6，主井提升系统操作人员根据步骤 5 的预警等级及电子屏显示提示，对主井提升系统进行有针对性的调整与控制，使得主井提升系统各效率单值及综合效率控制在正常范围。

在步骤 1 中，主井提升系统开机率控制下限 $\eta_{operating}^L$ 、负荷率控制下限 η_{load}^L 、提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L$ ，根据主井提升系统开机率、负荷率及提升质量合格率的历史数据统计分析并结合主井提升系统操作者的经验确定。

在步骤 1 中，主井提升系统综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L$ 是由开机率控制下限、负荷率控制下限、提升质量合格率控制下限相乘得到。因此，主井提升系统综合效率控制下限计算为 $\eta_{overall}^L = \eta_{operating}^L \times \eta_{load}^L \times \eta_{quality}^L$ 。

在步骤 4 中，主井提升系统各效率指标与对应控制下限对比具体方式为：主井提升系统综合效率 $\eta_{overall}$ 与综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L$ 对比，主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ 与开机率控制下限 $\eta_{operating}^L$ 对比，主井提升系统负荷率 η_{load} 与负荷率控制下限 η_{load}^L 对比，主井提升系统提升质量合格率 $\eta_{quality}$ 与提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L$ 对比。

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

本发明方法通过对影响主井提升系统综合效率的开机率、负荷率及提升质量合格率进行实时获取，计算得到主井提升系统综合效率，并与主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率的控制下限进行对比分析，同时对各主井提升系统综合效率及开机率、负荷率和提升质量合格率的变化趋势进行分析，从而实现主井提升系统综合效率的事前多级预警，将主井提升系统综合效率有效控制在要求的范围之内。本发明方法克服了已有方法仅仅对主井提升系统综合效率进行事后超限报警的缺陷，对主井提升系统综合效率可以实现事前预警，在综合效率没有低于控制下限时，但是子指标异常或趋势异常时就可以实现有针对性的多级预警。本发明方法科学合理，是一种十分实用有效的主井提升系统综合效率事前预警方法。

附图说明

图 1 为本发明方法的流程示意图；

图 2 为本发明方法的系统构成示意图。

具体实施方式

现结合实施例及附图对本发明进行详细解释。

本发明提出一种主井提升系统综合效率多级预警方法。本发明方法的流程示意图如图 1 所示，首先，获取评估周期内的主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率，然后计算得到评估周期内的主井提升系统综合效率。分别设置主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率的控制下限，并根据开机率、负荷率和提升质量合格率控制下限计算得到主井提升系统综合效率控制下限。将获取得到的评估周期内的主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率分别与其相应的控制下限进行对比，同时结合各效率的变化趋势，分析判断主井提升系统综合效率是否处于正常状态，若处于非正常状态，则判定属于何种等级的异常，给出 I 到 IV 级预警提示，并将相应的异常指标显示在显示屏上。使主井提升系统操作人员有针对性地调整控制主井提升系统，实现主井提升系统综合效率的事前有效管控。

图 2 为本发明方法的系统构成示意图。主井提升系统配置有重量传感器，重量传感器用于获取主井提升系统单钩实际提升量，重量传感器通过 RS-485 接口与 ZigBee 无线传输系统进行连接，ZigBee 无线传输系统通过 RS-485/RS-232 接口与数据库服务器连接。数据库服务器安装有 SQL Server 或 Oracle 服务器，用于存储采集到的主井提升系统单钩实际提升量。数据库服务器通过交换机以 TCP/IP 协议与应用程序服务器进行通讯，应用程序服务器用于运行系统所需的软件程序，用于按照一定时间周期计算评估主井提升系统的开机率、负荷率、提升质量合格率，并进行主井提升系统综合效率的计算和分析。显示屏用于显示主井提升系统的预警等级以及异常的效率单值和综合效率信息。

本发明实施例以某矿山企业主井提升系统为例进行说明，评估周期时间 Δt 设置为 3 小时。采用本发明方法进行主井提升系统综合效率的多级预警，并将预警信息显示在显示屏上。

1. 设置主井提升系统综合效率、开机率、负荷率及提升质量合格率控制下限

本发明中主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率的控制下限是根据主井提升系统开机率、负荷率及提升质量合格率的历史数据统计分析并结合主井提升系统操作者的经验确定。在本实施例中，主井提升系统开机率控制下限 $\eta_{operating}^L$ 为90.0%，主井提升系统负荷率控制下限 η_{load}^L 为95.0%，主井提升系统提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L$ 为90.0%。主井提升系统综合效率控制下限由公式 $\eta_{overall}^L = \eta_{operating}^L \times \eta_{load}^L \times \eta_{quality}^L$ 计算得到。因此，本实施例中主井提升系统综合效率控制下限为 $\eta_{overall}^L = 90.0\% \times 95.0\% \times 90.0\% = 77.0\%$ 。

2. 获取主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率

因为评估周期时间 $\Delta t = 3$ 小时，每隔3小时获取一次主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率。该矿山企业已开展精益管理一段时间，对主井提升系统的开机率、负荷率和提升质量合格率数据进行周期性记录。以某工作日的8:00-11:00为例，得到该矿主井提升系统开机率为90.3%，负荷率为96.1%，提升质量合格率为90.5%。

3. 获取主井提升系统综合效率

基于上述的主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率数据，计算主井提升系统综合效率，其计算模型为 $\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$ 。其中， $\eta_{overall}$ 表示主井提升系统综合效率， $\eta_{operating}$ 表示主井提升系统开机率， η_{load} 表示主井提升系统负荷率， $\eta_{quality}$ 主井提升系统提升质量合格率。承接前例，仍以某工作日的8:00-11:00为例，已得到该矿主井提升系统开机率 $\eta_{operating} = 90.3\%$ ，负荷率 $\eta_{load} = 96.1\%$ ，提升质量合格率 $\eta_{quality} = 90.5\%$ 。将上述数据带入公式 $\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$ ，计算可得该评估周期内主井提升系统综合效率 $\eta_{overall} = 78.5\%$ 。

4. 主井提升系统综合效率及其子效率对比

将所得到的主井提升系统综合效率及其子效率（开机率、负荷率和提升质量合格率）与对应指标的控制下限进行对比分析。本实施例中，主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率的控制下限分别为 $\eta_{overall}^L = 77.0\%$ 、 $\eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、 $\eta_{load}^L = 95.0\%$ 和 $\eta_{quality}^L = 90.0\%$ 。仍以某工作日仍以某工作日的 8:00-11:00 为例，得到该评估周期内主井提升系统综合效率为 $\eta_{overall} = 78.5\%$ ，开机率为 $\eta_{operating} = 90.3\%$ ，负荷率为 $\eta_{load} = 96.1\%$ ，提升质量合格率为 $\eta_{quality} = 90.5\%$ 。则将主井提升系统综合效率 $\eta_{overall} = 78.5\%$ 与综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L = 77.0\%$ 对比，主井提升系统开机率 $\eta_{operating} = 90.3\%$ 与开机率控制下限 $\eta_{operating}^L = 90.0\%$ 对比，主井提升系统负荷率 $\eta_{load} = 96.1\%$ 与负荷率控制下限 $\eta_{load}^L = 95.0\%$ 对比，主井提升系统提升质量合格率 $\eta_{quality} = 90.5\%$ 与提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L = 90.0\%$ 对比。

5. 根据对比结果，分析判断主井提升系统是否存在异常并预警提示

仍以某工作日仍以某工作日的 8:00-11:00 为例，根据该评估周期内主井提升系统综合效率及其子效率（开机率、负荷率和提升质量合格率）与对应指标的控制下限进行对比结果可知，满足关系式 $78.5\% = \eta_{overall} > \eta_{overall}^L = 77.0\%$ ，且开机率、负荷率和提升质量合格率同时满足关系式： $90.3\% = \eta_{operating} > \eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、 $96.1\% = \eta_{load} > \eta_{load}^L = 95.0\%$ 和 $90.5\% = \eta_{quality} > \eta_{quality}^L = 90.0\%$ ，表明主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率都没有低于控制下限，此时仍然需要对主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率进行趋势判断，判断发现得到的连续七个负荷率数据分别为 $\eta_{load,1} = 97.1\%$ 、 $\eta_{load,2} = 96.9\%$ 、 $\eta_{load,3} = 96.7\%$ 、 $\eta_{load,4} = 96.6\%$ 、 $\eta_{load,5} = 96.3\%$ 、 $\eta_{load,6} = 96.1\%$ 和 $\eta_{load,7} = 96.0\%$ ，则满足如下关系式： $\eta_{load,1} > \eta_{load,2} > \eta_{load,3} > \eta_{load,4} > \eta_{load,5} > \eta_{load,6} > \eta_{load,7}$ ，表明负荷率存在连续下降趋势，则进行 IV 级预警，并将有异常的连续七个负荷率（ $\eta_{load,1} = 97.1\%$ 、 $\eta_{load,2} = 96.9\%$ 、 $\eta_{load,3} = 96.7\%$ 、 $\eta_{load,4} = 96.6\%$ 、 $\eta_{load,5} = 96.3\%$ 、 $\eta_{load,6} = 96.1\%$ 和 $\eta_{load,7} = 96.0\%$ ）指标值显示在电子屏上。

若以该工作日的 14:00-17:00 为例，得到主井提升系统开机率 $\eta_{operating} = 89.7\%$ ，负荷率 $\eta_{load} = 96.0\%$ ，提升质量合格率 $\eta_{quality} = 92.8\%$ 。将上述数据带入公式 $\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$ ，计算可得该评估周

期内主井提升系统综合效率 $\eta_{overall} = 79.9\%$ 。与主井提升系统综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L = 77.0\%$ 、开机率控制下限 $\eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、负荷率控制下限 $\eta_{load}^L = 95.0\%$ 和提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L = 90.0\%$ ，对比分析发现，满足关系式 $79.9\% = \eta_{overall} > \eta_{overall}^L = 77.0\%$ ，同时开机率满足关系式 $89.7\% = \eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L = 90.0\%$ ，负荷率和提升质量合格率均大于相应指标的控制下限，进行 III 级预警，并将有异常的开机率（ $\eta_{operating} = 89.7\% < \eta_{operating}^L = 90.0\%$ ）指标值显示在电子屏上。

若以该工作日的 17:00-20:00 为例，得到主井提升系统开机率 $\eta_{operating} = 89.5\%$ ，负荷率 $\eta_{load} = 94.8\%$ ，提升质量合格率 $\eta_{quality} = 92.8\%$ 。将上述数据带入公式 $\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$ ，计算可得该评估周期内主井提升系统综合效率 $\eta_{overall} = 78.7\%$ 。与主井提升系统综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L = 77.0\%$ 、开机率控制下限 $\eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、负荷率控制下限 $\eta_{load}^L = 95.0\%$ 和提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L = 90.0\%$ ，对比分析发现，满足关系式 $78.7\% = \eta_{overall} > \eta_{overall}^L = 77.0\%$ ，同时开机率和负荷率满足关系式 $89.5\% = \eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L = 90.0\%$ 和 $94.8\% = \eta_{load} \leq \eta_{load}^L = 95.0\%$ ，提升质量合格率大于相应指标的控制下限，进行 II 级预警，并将有异常的开机率（ $\eta_{operating} = 89.5\% < \eta_{operating}^L = 90.0\%$ ）和负荷率（ $\eta_{load} = 94.8\% < \eta_{load}^L = 95.0\%$ ）指标值显示在电子屏上。

若以该工作日的 20:00-23:00 为例，得到主井提升系统开机率 $\eta_{operating} = 89.7\%$ ，负荷率 $\eta_{load} = 94.3\%$ ，提升质量合格率 $\eta_{quality} = 90.2\%$ 。将上述数据带入公式 $\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$ ，计算可得该评估周期内主井提升系统综合效率 $\eta_{overall} = 76.3\%$ 。与主井提升系统综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L = 77.0\%$ 、开机率控制下限 $\eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、负荷率控制下限 $\eta_{load}^L = 95.0\%$ 和提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L = 90.0\%$ ，对比分析发现，满足关系式 $76.3\% = \eta_{overall} \leq \eta_{overall}^L = 77.0\%$ ，则表明主井提升系统综合效率超限，进行 I 级预警，将有异常的主井提升系统综合效率（ $\eta_{overall} = 76.3\% < \eta_{overall}^L = 77.0\%$ ）及其异常子指标（开机率 $\eta_{operating} = 89.7\% < \eta_{operating}^L = 90.0\%$ 、负荷率 $\eta_{load} = 94.3\% < \eta_{load}^L = 95.0\%$ ）显示在显示屏上。

6. 根据预警提示，有针对性控制主井提升系统使各效率单值及综合效率控制在正常范围内

本发明方法可以用于矿山企业主井提升系统综合效率的事前多级预警，实现主井提升系统综合效率的有效管控，在主井提升系统综合效率没有超限，但是出现趋势异常时，也可以进行事前多级预警提示，从而保障主井提升系统的高效率运转。

最后说明的是，以上实施案例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本发明方法的宗旨和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

权利要求书

1.一种主井提升系统综合效率多级预警方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤 1，设置主井提升系统综合效率控制下限为 $\eta_{overall}^L$ 、主井提升系统开机率控制下限为 $\eta_{operating}^L$ 、主井提升系统负荷率控制下限为 η_{load}^L 和主井提升系统提升质量合格率控制下限为 $\eta_{quality}^L$ ；

步骤 2，评估周期时间设置为 Δt ，获取评估周期内主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ ，负荷率 η_{load} 和提升质量合格率 $\eta_{quality}$ ；

步骤 3，基于上述的主井提升系统开机率、负荷率和提升质量合格率数据，计算主井提升系统综合效率，其计算模型为：

$$\eta_{overall} = \eta_{operating} \times \eta_{load} \times \eta_{quality}$$

其中： $\eta_{overall}$ 表示主井提升系统综合效率， $\eta_{operating}$ 表示主井提升系统开机率， η_{load} 表示主井提升系统负荷率， $\eta_{quality}$ 主井提升系统提升质量合格率；

步骤 4，将评估周期内得到的主井提升系统综合效率 $\eta_{overall}$ 、主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ 、负荷率 η_{load} 和提升质量合格率 $\eta_{quality}$ 与预先设置的各效率控制下限进行对比；

步骤 5，根据上述对比结果，分析判断主井提升系统效率情况：若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，开机率、负荷率和提升质量合格率同时满足关系式： $\eta_{operating} > \eta_{operating}^L$ 、 $\eta_{load} > \eta_{load}^L$ 和 $\eta_{quality} > \eta_{quality}^L$ ，表明主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率都没有低于控制下限，此时仍然需要对主井提升系统综合效率、开机率、负荷率和提升质量合格率进行趋势判断，其中任何一个效率指标出现连续七点下降趋势，表明该指标有趋势异常，则进行 IV 级预警，并将有异常的效率指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，但是开机率、负荷率和提升质量合格率中有一项指标小于等于控制下限，即满足如下关式： $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 或 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ 或 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，则表明主井提升系统异常，进行 III 级预警，并将有异常的效率指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} > \eta_{overall}^L$ ，但是开机率、负荷

率和提升质量合格率中有两项指标小于等于控制下限，即满足 $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 且 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ ，或者满足 $\eta_{operating} \leq \eta_{operating}^L$ 且 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，或者满足 $\eta_{load} \leq \eta_{load}^L$ 且 $\eta_{quality} \leq \eta_{quality}^L$ ，则表明主井提升系统异常，进行 II 级预警，并将有异常的指标显示在电子屏上；若主井提升系统综合效率满足关系式 $\eta_{overall} \leq \eta_{overall}^L$ ，则表明主井提升系统综合效率超限，进行 I 级预警，将有异常的主井提升系统综合效率及其异常子效率指标（开机率、负荷率或提升质量合格率）显示在显示屏上；若无上述四类异常出现，则表明主井提升系统处于正常状态，电子屏上显示正常；

步骤 6，主井提升系统操作人员根据步骤 5 的预警等级及电子屏显示提示，对主井提升系统进行有针对性的调整与控制，使得主井提升系统各效率单值及综合效率控制在正常范围。

2.如权利要求 1 所述一种主井提升系统综合效率多级预警方法，其特征在于，在步骤 1 中，主井提升系统开机率控制下限 $\eta_{operating}^L$ 、负荷率控制下限 η_{load}^L 、提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L$ ，根据主井提升系统开机率、负荷率及提升质量合格率的历史数据统计分析并结合主井提升系统操作者的经验确定。

3.如权利要求 1 所述一种主井提升系统综合效率多级预警方法，其特征在于，在步骤 1 中，主井提升系统综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L$ 是由开机率控制下限、负荷率控制下限、提升质量合格率控制下限相乘得到。因此，主井提升系统综合效率控制下限计算为 $\eta_{overall}^L = \eta_{operating}^L \times \eta_{load}^L \times \eta_{quality}^L$ 。

4. 如权利要求 1 所述一种主井提升系统综合效率多级预警方法，其特征在于，在步骤 4 中，主井提升系统各效率指标与对应控制下限对比具体方式为：主井提升系统综合效率 $\eta_{overall}$ 与综合效率控制下限 $\eta_{overall}^L$ 对比，主井提升系统开机率 $\eta_{operating}$ 与开机率控制下限 $\eta_{operating}^L$ 对比，主井提升系统负荷率 η_{load} 与负荷率控制下限 η_{load}^L 对比，主井提升系统提升质量合格率 $\eta_{quality}$ 与提升质量合格率控制下限 $\eta_{quality}^L$ 对比。

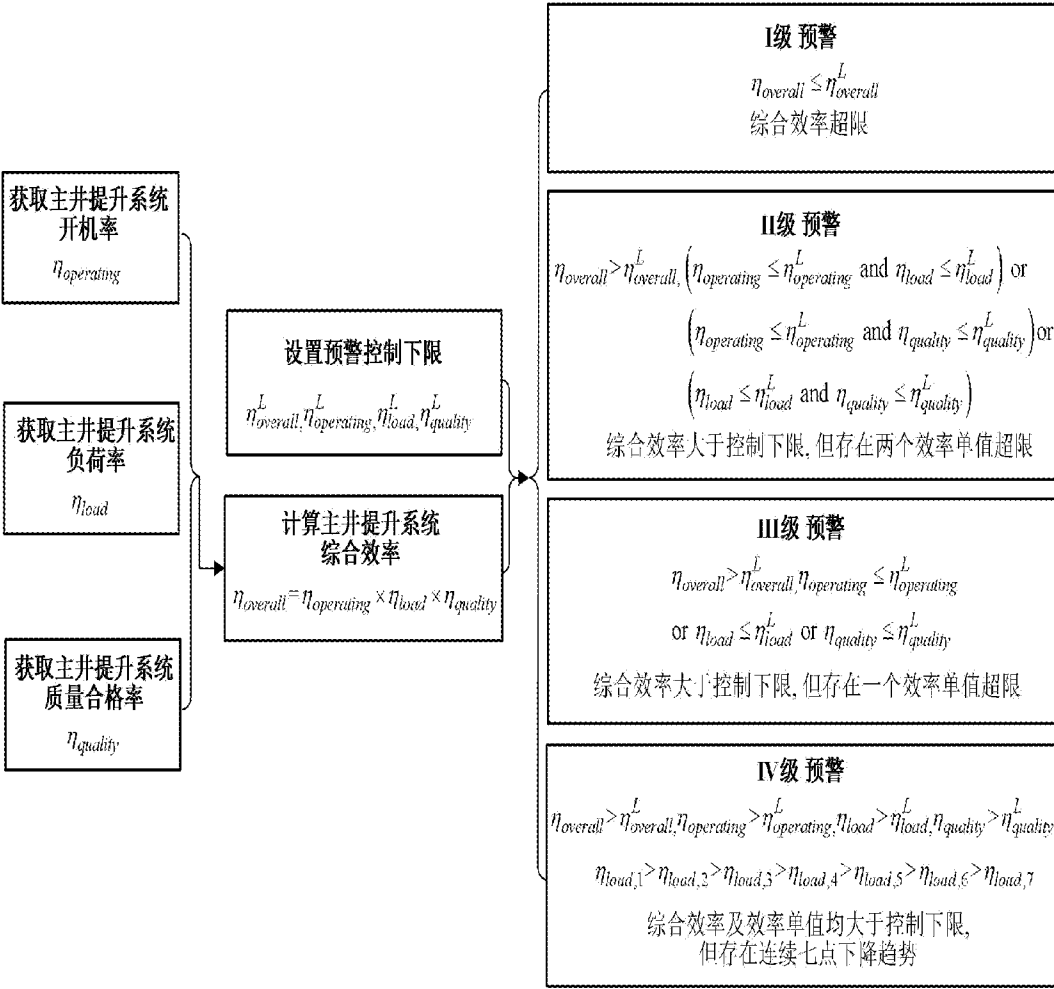


图 1

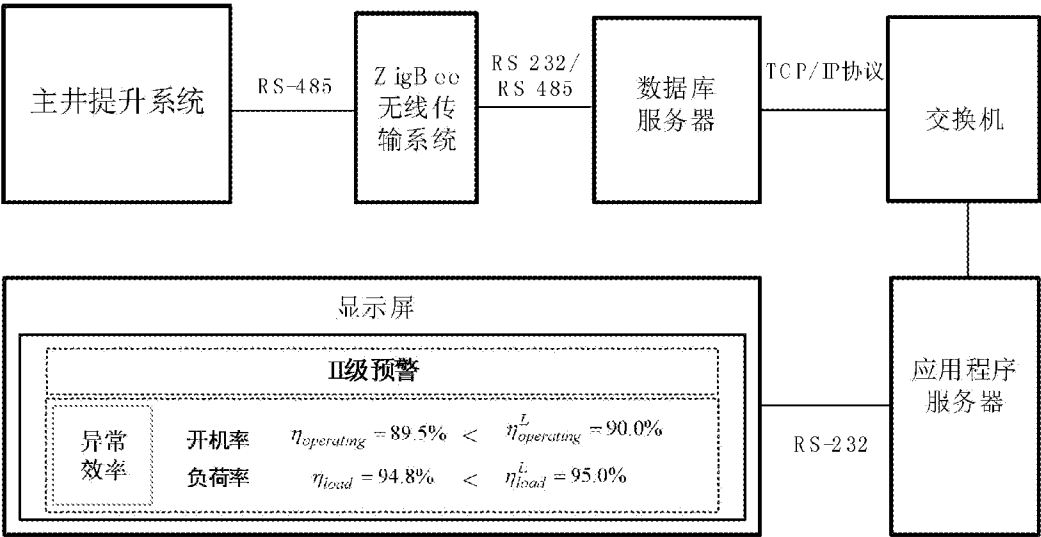


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110987

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/06(2012.01)i; G06Q 10/04(2012.01)i; G06Q 50/02(2012.01)i; E21F 17/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q; E21F; G06F; G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 主井, 提升, 效率, 开机率, 负荷率, 质量合格率, 趋势, 事前, 多级, 分级, 预警, 下限, 等级, 显示, main, well?, hoist+, efficiency, operat+, load+, quality, qualifi+, rate?, trend+, tendency, multi+, level+, alarm+, alert+, low+, limit, display+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108665168 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 16 October 2018 (2018-10-16) description, paragraphs [0004]-[0068], and figures 1-2	1-4
Y	CN 104463425 A (TIANJIN RESEARCH INSTITUTE FOR WATER TRANSPORT ENGINEERING, M.O.T.) 25 March 2015 (2015-03-25) description, paragraphs [0005]-[0021], and figures 1-7	1-4
A	CN 105719109 A (BEIJING XIAODU INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 June 2016 (2016-06-29) entire document	1-4
A	CN 106408192 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 15 February 2017 (2017-02-15) entire document	1-4
A	CN 107992678 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, CHINA SOUTHERN POWER GRID et al.) 04 May 2018 (2018-05-04) entire document	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 March 2020

Date of mailing of the international search report

27 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110987

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108234176 A (GUIZHOU BAISHANCLOUD TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 June 2018 (2018-06-29) entire document	1-4
A	CN 109491323 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 19 March 2019 (2019-03-19) entire document	1-4
A	CN 109615279 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 12 April 2019 (2019-04-12) entire document	1-4
A	CN 109634238 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 16 April 2019 (2019-04-16) entire document	1-4
A	US 2018189702 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 05 July 2018 (2018-07-05) entire document	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/110987

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108665168	A	16 October 2018	WO	2019218373	A1	21 November 2019
CN	104463425	A	25 March 2015	None			
CN	105719109	A	29 June 2016	None			
CN	106408192	A	15 February 2017	CN	106408192	B	23 July 2019
CN	107992678	A	04 May 2018	None			
CN	108234176	A	29 June 2018	None			
CN	109491323	A	19 March 2019	None			
CN	109615279	A	12 April 2019	None			
CN	109634238	A	16 April 2019	None			
US	2018189702	A1	05 July 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/110987

A. 主题的分类

G06Q 10/06(2012.01)i; G06Q 10/04(2012.01)i; G06Q 50/02(2012.01)i; E21F 17/18(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06Q; E21F; G06F; G05B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 主井, 提升, 效率, 开机率, 负荷率, 质量合格率, 趋势, 事前, 多级, 分级, 预警, 下限, 等级, 显示, main, well?, hoist+, efficiency, operat+, load+, quality, qualifi+, rate?, trend+, tendency, multi+, level+, alarm+, alert+, low+, limit, display+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 108665168 A (山东科技大学) 2018年 10月 16日 (2018 - 10 - 16) 说明书第[0004]-[0068]段, 图1-2	1-4
Y	CN 104463425 A (交通运输部天津水运工程科学研究所) 2015年 3月 25日 (2015 - 03 - 25) 说明书第[0005]-[0021]段, 图1-7	1-4
A	CN 105719109 A (北京小度信息科技有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 全文	1-4
A	CN 106408192 A (东北大学) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 全文	1-4
A	CN 107992678 A (南方电网科学研究院有限责任公司 等) 2018年 5月 4日 (2018 - 05 - 04) 全文	1-4
A	CN 108234176 A (贵州白山云科技有限公司) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 全文	1-4
A	CN 109491323 A (山东科技大学) 2019年 3月 19日 (2019 - 03 - 19) 全文	1-4

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 3月 16日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

马鑫

电话号码 86-(10)-53962597

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109615279 A (山东科技大学) 2019年 4月 12日 (2019 - 04 - 12) 全文	1-4
A	CN 109634238 A (山东科技大学 等) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 全文	1-4
A	US 2018189702 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 2018年 7月 5日 (2018 - 07 - 05) 全文	1-4

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/110987

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108665168	A	2018年 10月 16日	WO	2019218373	A1	2019年 11月 21日
CN	104463425	A	2015年 3月 25日	无			
CN	105719109	A	2016年 6月 29日	无			
CN	106408192	A	2017年 2月 15日	CN	106408192	B	2019年 7月 23日
CN	107992678	A	2018年 5月 4日	无			
CN	108234176	A	2018年 6月 29日	无			
CN	109491323	A	2019年 3月 19日	无			
CN	109615279	A	2019年 4月 12日	无			
CN	109634238	A	2019年 4月 16日	无			
US	2018189702	A1	2018年 7月 5日	无			