

文章编号: 1671-251X(2022)10-0097-10

DOI: 10.13272/j.issn.1671-251x.17971

煤矿瓦斯治理动态 workflow 构建方法研究

张书林^{1,2}, 杨建^{1,2}, 舒龙勇^{1,2}

- (1. 煤炭科学技术研究院有限公司 安全分院, 北京 100013;
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室, 北京 100013)

摘要: 目前煤矿瓦斯治理管理关键环节仍需要人工监督, 瓦斯治理措施达不到“质量可靠”和“过程可溯”, 且瓦斯治理管理模式落后造成职能重叠、流程不畅、数据共享程度低。针对上述问题, 基于 workflow 技术, 从全局管理的角度开展了煤矿瓦斯治理动态 workflow 构建方法研究。首先, 对采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理的工作流程、约束条件和实施过程进行了分析, 将瓦斯治理流程划分为测试和措施 2 类环节, 并具体化为技术文档和报告单审批、钻孔施工、取制样、瓦斯参数测定、抽采及其参数检测等 5 类工作。然后, 将上述后 4 类工作重构, 并进一步拆分为 25 个基本工作单元, 利用 Petri Nets 对基本工作单元进行组合, 用于建立不同跨部门瓦斯治理复杂业务 workflow, 基于瓦斯治理 workflow 建立工作面瓦斯治理执行进度表示方法, 采用主动和自动相结合的策略对 workflow 进行任务分配, 使用描述文件动态生成和配置 workflow 网络满足对瓦斯治理动态 workflow 建模的要求。最后, 基于 Flowable workflow 引擎进行瓦斯治理动态 workflow 功能的开发和应用。结果表明, 动态 workflow 的构建可以使瓦斯治理业务流程化, 有利于提升瓦斯治理协同执行效率, 实现数据的快速流转、追踪和共享, 便于监控瓦斯治理工作的整体运行和优化, 提高煤矿瓦斯治理决策能力, 创新煤矿瓦斯治理管理模式。

关键词: 瓦斯治理; 动态 workflow; 业务流程化; 信息化管理

中图分类号: TD67

文献标志码: A

Research on dynamic workflow construction method of coal mine gas control

ZHANG Shulin^{1,2}, YANG Jian^{1,2}, SHU Longyong^{1,2}

- (1. Mine Safety Technology Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
2. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization, Beijing 100013, China)

Abstract: At present, the key links of coal mine gas control management still need manual supervision. The gas control measures can not achieve "reliable quality" and "process traceability". The backward gas control management mode results in overlapping functions, poor process and low degree of data sharing. In view of the above problems, based on workflow technology, from the perspective of global management, the dynamic workflow construction method of coal mine gas control is studied. Firstly, the workflow, constraint conditions and implementation process of gas control in the minging face and coal uncovering working face are analyzed. The links of gas control flow is divided into two types: test and measure. It is specifically divided into five types of work, including approval of technical documents and reports, drilling construction, sampling, gas parameter measurement, and gas extraction and parameter detection. Secondly, the method reconstructs the last four types of work and further divides the work into 25 basic work units. The method uses Petri Nets to combine basic work units to establish different cross-departmental gas control complex business workflow. Based on the gas control

收稿日期: 2022-06-19; 修回日期: 2022-10-17; 责任编辑: 盛男。

基金项目: 煤炭科学技术研究院有限公司技术创新基金资助项目(2021CX-I-07); 国家自然科学基金资助项目(52174187)。

作者简介: 张书林(1984—), 男, 河南商丘人, 助理研究员, 硕士, 主要从事煤矿瓦斯灾害防治方面的研究工作, E-mail: shulin@petalmail.com。

引用格式: 张书林, 杨建, 舒龙勇. 煤矿瓦斯治理动态 workflow 构建方法研究[J]. 工矿自动化, 2022, 48(10): 97-106.

ZHANG Shulin, YANG Jian, SHU Longyong. Research on dynamic workflow construction method of coal mine gas control[J]. Journal of Mine Automation, 2022, 48(10): 97-106.



扫码移动阅读

workflow chart, a representation method for the implementation progress of gas control in the working face is established. The method uses the strategy of combining initiative and automation to assign task of the workflow. The method uses description files to dynamically generate and configure workflow networks to meet the requirements of dynamic workflow modeling for gas control. Finally, based on the Flowable workflow engine, the dynamic workflow function of gas control is developed and applied. The results show that the construction of dynamic workflow can make the gas control business process. It is conducive to improving the efficiency of gas control collaborative execution, realizing the rapid flow, tracking and sharing of data. It is conducive to monitoring the overall operation and optimization of gas control work, improving the decision-making capability of coal mine gas control, and innovating the management mode of coal mine gas control.

Key words: gas control; dynamic workflow; business process; information management

0 引言

以煤炭工业信息化建设为基础推进智能矿山建设是煤炭行业发展的必然趋势^[1-2]。煤矿瓦斯治理信息化是煤炭工业信息化建设的重要内容之一。目前在瓦斯治理仪器装备信息化^[3-4]、瓦斯监测监控^[5]、基于 GIS 的瓦斯信息管理、展示和分析^[6-9]等方面取得了重要进展,同时,将现代信息技术应用于瓦斯灾害预防预警也成为煤炭科技创新的重要方向之一^[10],但在瓦斯治理管理方面,存在煤层瓦斯参数测定,抽采工程的施工、管理和效果测定与检验等关键环节尚未实现数字化、信息化,关键环节管控仍需要人工监督,瓦斯治理措施还不能做到“质量可靠”和“过程可溯”等问题^[11]。近年来,信息技术广泛使用,但煤矿安全生产管理模式没有本质变化,其管理架构、业务流程和岗位职责仍然主要是传统的非信息化或半信息化管理模式,没有根据智能矿山建设梳理和重构与之相适应的新型瓦斯治理管理模式。瓦斯治理具有“多人参与、跨部门协作”的特点,管理模式的落后必然造成数据孤岛问题无法解决,且职能重叠、流程不畅,决策支持出现乱象,无法形成及时、有效、可靠的瓦斯治理业务数据用于瓦斯灾害预防预警等多层次应用。

基于 workflow 技术实现瓦斯治理业务流程化为解决上述问题提供了一种思路方向^[12]。workflow 技术的发展经历了电子数据流(Electronic Data Flow, EDF)、事务处理流(Transaction Process Flow, TPF)、信息管理流(Information Management Flow, IMF)3 个阶段^[13],其中,IMF 阶段强调对企业业务全局、整体性的管理,随着计算机与网络技术的快速发展,使得大规模分布式环境下对瓦斯治理复杂多变任务执行的全局监控成为可能。煤矿业务流程化研究以往主要集中在文档协同审批^[14]、机电设备管理^[15-16]、安全管理^[17-19]、煤质管理^[20]、井下工程^[21]等方面,在瓦斯

治理方面的应用研究则较少。瓦斯治理业务的复杂性和管理精细化要求决定了其监管难度大,传统 workflow 系统难以满足复杂业务动态性和灵活性的要求,制约了瓦斯治理业务流程化的发展。

因此,笔者从煤矿瓦斯治理全局管理的角度,以煤矿采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理工作实施过程为研究对象,结合 workflow 技术,提出煤矿瓦斯治理动态 workflow 构建方法,使煤矿瓦斯治理业务流程化,以提升瓦斯治理工作的协同执行效率,实现瓦斯治理业务数据的快速流转、追踪和共享。

1 瓦斯治理工作流程

《防治煤与瓦斯突出细则》(以下简称细则)附录 A 中规定了从建井前期至采掘过程的瓦斯治理基本流程。对于采掘工作面和揭煤工作面,瓦斯治理工作流程分别如图 1 和图 2 所示,流程可划分为措施和测试 2 类环节,见表 1。

(1) 措施类环节。区域防突措施和高瓦斯区域瓦斯治理措施均包含开采保护层和预抽煤层瓦斯 2 类措施,为简化研究,本文仅涉及后者。进一步,预抽煤层瓦斯类措施可采用的方式有地面和井下 2 类,其中,地面预抽煤层瓦斯类措施包括地面井预抽煤层瓦斯,井下预抽煤层瓦斯类措施包括穿层钻孔或顺层钻孔预抽区段煤层瓦斯、顺层钻孔或穿层钻孔预抽回采区煤层瓦斯、穿层钻孔预抽井巷(含立井、斜井、石门等)揭煤区域煤层瓦斯、穿层钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯、顺层钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯、定向长钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯等,为简化研究,本文仅涉及井下预抽煤层瓦斯类措施。突出采掘工作面的防突措施可采用的方式有超前钻孔预抽瓦斯、超前钻孔排放瓦斯、安装金属骨架、煤体固化、水力冲孔及其他经试验证明有效的措施,低瓦斯采掘工作面可采用在构造发育地带施工超前钻孔排放瓦斯等临时瓦斯治理措施,为简化研究,本文仅涉

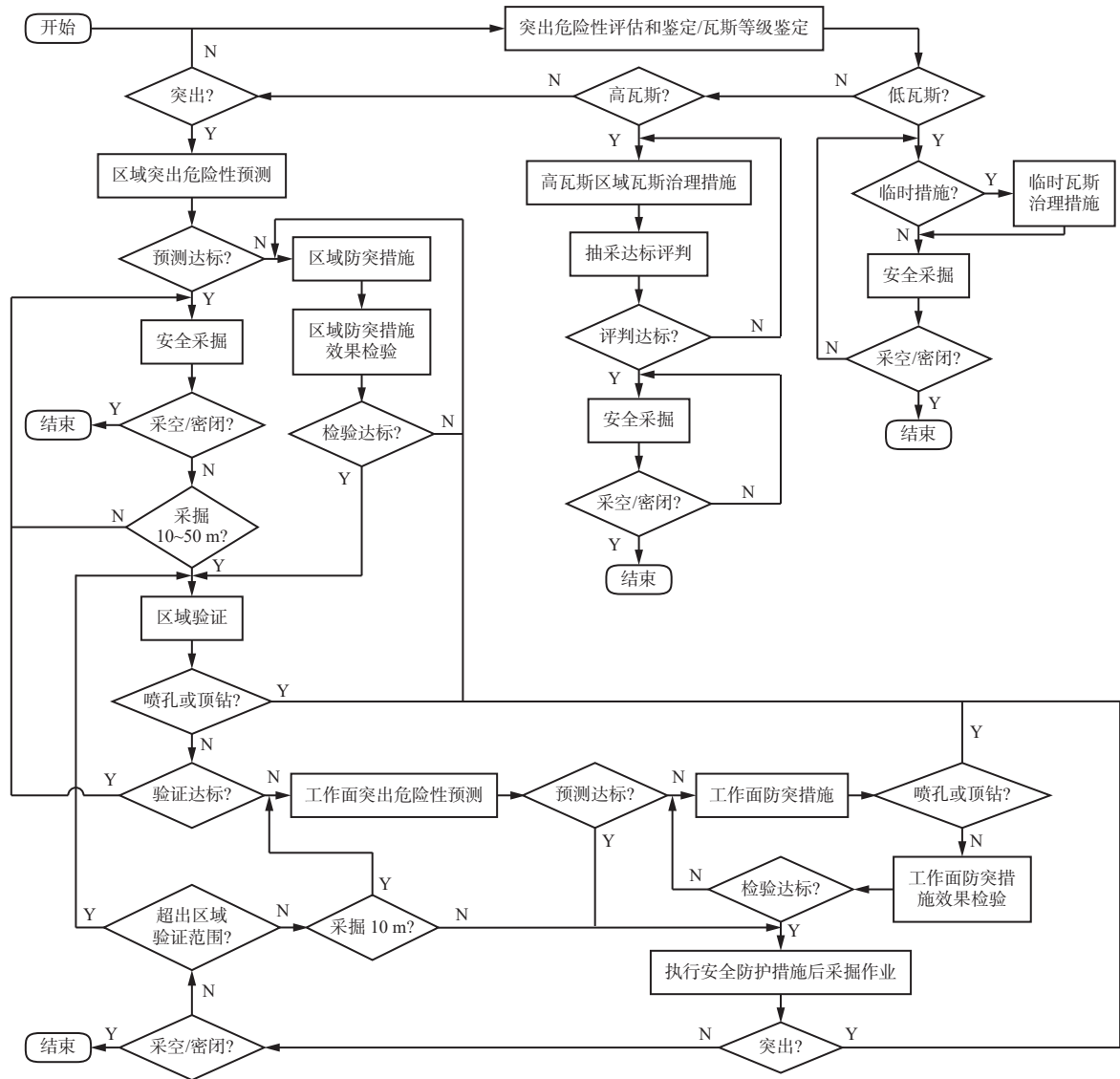


图 1 采掘工作面瓦斯治理工作流程

Fig. 1 Working flow of gas control in mining face

及超前钻孔预抽瓦斯和超前钻孔排放瓦斯这 2 种目前常采用的措施。突出采掘工作面经实施瓦斯治理措施变成无突出危险后,应采取安全防护措施后进行采掘作业,为简化研究,本文不涉及安全防护措施。综上,措施类环节的内容主要包括各类钻孔的施工、验收,其中,抽采钻孔还包括封孔、接抽、停抽、拆管及抽采期间进行的单孔和管路抽采参数检测等。

(2) 测试类环节。测试类环节的内容包括测试类钻孔施工、钻孔取样、非孔取样、制样、确定指标的井下和实验室测定等。此外,对于区域验证、区域防突措施效果检验、工作面突出危险性预测、工作面防突措施效果检验和揭煤验证等环节,在确定指标测定的基础上还要结合区域和工作面防突措施的施工情况形成对应的测定报告单;对于区域突出危险性预测、区域防突措施效果检验和抽采达标评判

等环节,除了根据确定指标测定和区域防突措施实施情况(对于后 2 个环节)外,还需要结合其他指标形成对应的技术报告。测试类环节是采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理措施类环节执行的约束条件,对于同一采掘工作面和揭煤工作面,不同测试类环节的结果决定着对应措施类环节的实施和工作面采掘进度。

2 瓦斯治理实施过程

2.1 专项设计和进度计划编制

采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理专项设计的编制需要根据具体工作面所在煤层的突出危险性评估/鉴定结果,决定该工作面要采取的具体瓦斯治理工作流程,并根据工作面采掘布置和煤层瓦斯基础参数对流程中各主要环节进行规划和图纸设计。对于突出采掘工作面,要确定区域防突措施环节的钻

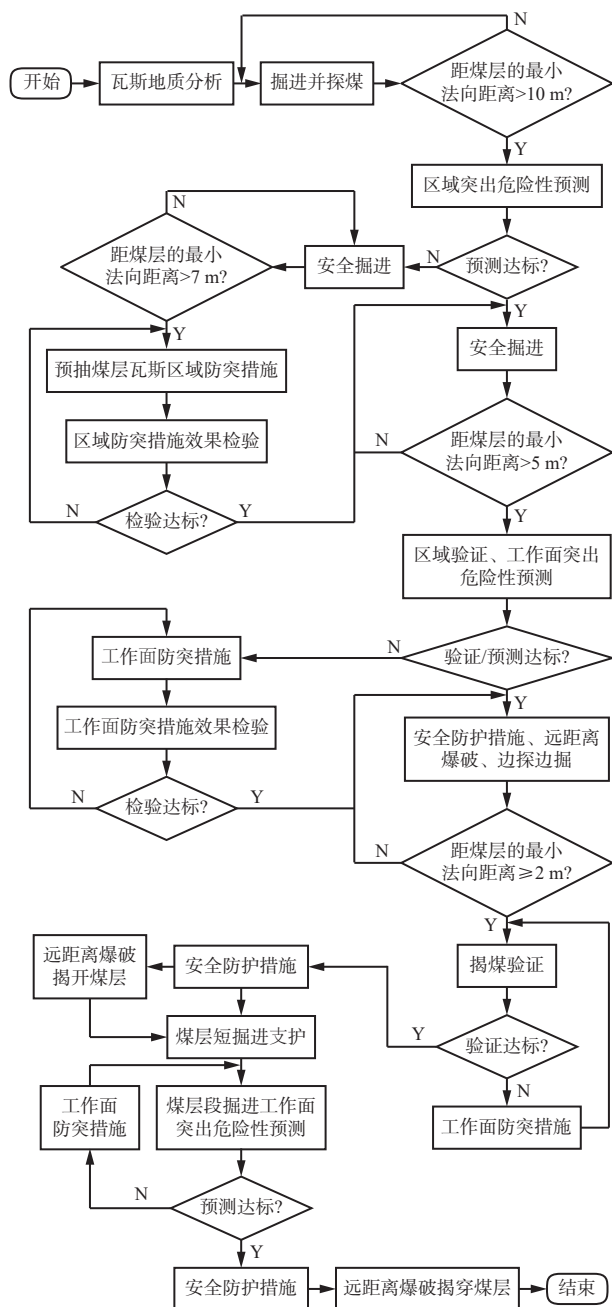


图 2 揭煤工作面瓦斯治理工作流程

Fig. 2 Working flow of gas control in coal uncovering working face

孔种类、数量和施工位置,工作面防突措施环节的钻孔种类、数量和布置原则,区域突出危险性预测、区域防突措施效果检验等环节的测定指标、测点数量和位置,区域验证、工作面突出危险性预测、工作面防突措施效果检验等环节的测定指标、测点数量和布置原则;对于高瓦斯采掘工作面,要确定高瓦斯区域瓦斯治理措施环节的钻孔种类、数量和施工位置,抽采达标评判环节的测定指标、测点数量和位置;对于揭煤工作面,要确定预抽煤层瓦斯区域防突措施环节的钻孔种类、数量和施工位置,工作面防突措施环节的钻孔种类、数量和布置原则,区域突出危险性

表 1 瓦斯治理工作流程环节分类

Table 1 Link classification of gas control working flow

工作面	测试类环节	措施类环节
突出采掘工作面	区域突出危险性预测	区域防突措施
	区域防突措施效果检验	工作面防突措施
	区域验证	安全防护措施
	工作面突出危险性预测	
	工作面防突措施效果检验	
高瓦斯采掘工作面	抽采达标评判	高瓦斯区域瓦斯治理措施
低瓦斯采掘工作面	—	临时瓦斯治理措施
揭煤工作面	区域突出危险性预测	
	区域防突措施效果检验	
	区域验证	预抽煤层瓦斯区域防突措施
	工作面突出危险性预测	工作面防突措施
	工作面防突措施效果检验	安全防护措施
	揭煤验证	
	煤层段掘进工作面突出危险性预测	

预测、区域防突措施效果检验等环节的测定指标、测点数量和位置,区域验证、工作面突出危险性预测、工作面防突措施效果检验、揭煤验证和煤层段掘进工作面突出危险性预测等环节的测定指标、测点数量和布置原则。此外,专项设计还要包含完成上述工作所需器材设备种类和数量、安全防护措施等信息。专项设计编制完成后需各参与方进行确认和审批。

瓦斯治理工作随采掘进行,因此,在完成瓦斯治理专项设计的基础上,需要结合各工作面采掘的年、季、月进度计划制定对应瓦斯治理的年、季、月进度计划。进度计划是一种对瓦斯治理专项设计中各工作环节任务内容、工作量、人员部门部署、物资物料分配等要素评估和确认的规划方案,以年、季、月等时间尺度对瓦斯治理环节和工作内容进行层层分解和细化,以便更精准地控制各采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理工作按进度实施。进度计划编制按照各环节任务期限严格、资源相关平衡、部门人员统一协调的准则,按照瓦斯治理工作流程进行部署。瓦斯治理年、季、月进度计划编制完成后需各参与方进行确认,并通过审批。

2.2 流程环节实施

前述瓦斯治理工作流程环节的内容可体现为各类钻孔施工、抽采、瓦斯参数测定和文件审批。钻孔施工包括打钻、竣工轨迹和参数、打钻视频、封孔(排放措施孔除外)、验收等;抽采包括接抽、停拆和期间进行的单孔/管路抽采参数检测;瓦斯参数测定包括钻孔取样(取样钻孔施工)、非孔取样、制样、瓦斯数据的井上下测定等;文件审批包括钻孔施工、抽采和瓦斯参数测定基础上的报告单、技术报告的

审批。

在具体采掘工作面和揭煤工作面瓦斯治理工作实施前,各参与部门要组织相关人员学习瓦斯治理专项设计和进度计划,熟悉采掘布置、瓦斯治理环节、工作量、进度安排、安全防护和应急事项;瓦斯治理实施时,参与部门根据月度计划各自统筹好材料物资和人员安排,并与其他参与部门进行协调,准备完毕后,根据瓦斯治理进度计划统一规划各部门具体实施工作的派工,各部门参与人员按照分工完成各自任务。

根据采掘和瓦斯治理环节实施时的反馈数据及时对专项设计和进度计划进行调整,并通过审批。

2.3 质量监督和验收

2.3.1 措施类环节

对于区域防突措施和高瓦斯区域瓦斯治理措施等环节,监督人员对单孔施工的成孔参数及与设计的偏差、钻进异常现象、封孔等方面进行监督并完成验收;待某个采掘工作面或揭煤工作面的区域瓦斯治理措施环节的钻孔按照专项设计的计划数量全部施工完毕后,还要对工作面范围内施工的钻孔个数及总进尺、有无空白带等进行评估和验收。

工作面防突措施是在突出采掘工作面或揭煤工作面的某个采掘循环内工作面突出危险性预测环节中所测指标结果超标的情况下实施的,监督人员同样对单孔施工的成孔参数及与设计的偏差、钻进异常现象、封孔等方面进行监督并完成验收;待该采掘循环的工作面防突措施钻孔按照专项设计的种类、数量和布置原则施工完毕后,还需对该采掘循环内施工的钻孔数量、总进尺和有无空白带等进行评估和验收。

2.3.2 测试类环节

对于突出采掘工作面 and 揭煤工作面的区域突出危险性预测,先对为实现煤层原始瓦斯压力和含量等预测指标测定进行的测压钻孔施工(施工位置、竣工轨迹及参数、钻进异常现象、与设计的偏差)、封孔(封孔方式和深度)、钻孔取样(取样方式和深度)、瓦斯压力数据读取、瓦斯解吸数据的井上下测定等方面进行监督和审核,再对突出危险性预测报告进行评审和审批。

对于突出采掘工作面 and 揭煤工作面的区域防突措施效果检验、高瓦斯采掘工作面的抽采达标评判,先对为实现残余瓦斯压力和含量等检验指标测定进行的测压钻孔施工(施工位置、竣工轨迹及参数、钻进异常现象、与设计的偏差)、封孔(封孔方式和深度)、钻孔取样(取样方式和深度)、瓦斯压力和瓦斯

解吸数据的测定等方面进行监督和审核,再对区域防突措施效果检验或抽采达标评判报告进行评审和审批。

对于突出采掘工作面 and 揭煤工作面其他测试类环节,先对为实现指标(如钻屑瓦斯放散指标、钻屑量指标)测定进行的钻孔施工(位置、施工参数、钻进异常现象)、钻孔取样(取样方式和深度)、仪器操作测定等方面进行监督和审核,再对各环节内相应循环测定报告单进行审核和审批。

3 瓦斯治理动态 workflow 创建

3.1 瓦斯治理业务流设计

由采掘工作面 and 揭煤工作面的瓦斯治理工作流程和实施过程可知,其流程环节可进一步具体化为技术文档和报告单审批、钻孔施工、取制样、瓦斯参数测定、抽采及其参数测定等5类工作。根据流程设计原则,笔者对上述后4类工作的实施路径进行了梳理和重构,并进一步拆分为25个基本工作单元(图3),建立对应内容表单,基于标准的通信协议支持各类轨迹仪所测钻孔轨迹、视频监控设备所录打钻视频、仪器所测参数的井下就地上传和地面实验室仪器设备所测瓦斯参数的联网接入。

Petri Nets 具有描述同步、并发、冲突业务流程的能力,同时具有一定的动态性,可以满足复杂性和动态性工作流建模要求,因此,根据实际业务需求,利用 Petri Nets 将基本工作单元进行组合,用于建立不同跨部门瓦斯治理复杂业务工作流程,并以任务派单的形式执行。基本工作单元之间存在反馈机制和实施顺序,其中,实施顺序可包含多种,如图4所示, T_1, T_2, T_3 之间为串连关系, $T_{31}, T_{32}, \dots, T_{3n}$ 与 T_4 之间为或连关系, $T_{51}, T_{52}, \dots, T_{5n}$ 与 T_6 之间为与连关系。

瓦斯治理业务流程化打破了原有工作的部门和职能界限,将由不同部门完成的工作作为一个整体交给“流程所有者”负责,从而构造出一个完整的端到端的流程,避免了职能部门间的流程接口问题,实现了煤矿现有瓦斯治理管理模式的变化。

从煤矿瓦斯治理全局管理的角度看,任务工作流的建立是瓦斯治理工作流程环节执行的具体体现。因此,工作流发起时,发起人除了指定待执行任务所属采掘工作面或揭煤工作面外,还要指定待执行任务所处工作面哪个瓦斯治理工作流程环节,基于瓦斯治理工作流程图建立工作面瓦斯治理执行进度表示方法,使瓦斯治理工作进展情况一目了然。任务派单后,煤矿各级管理人员通过工作面瓦斯治

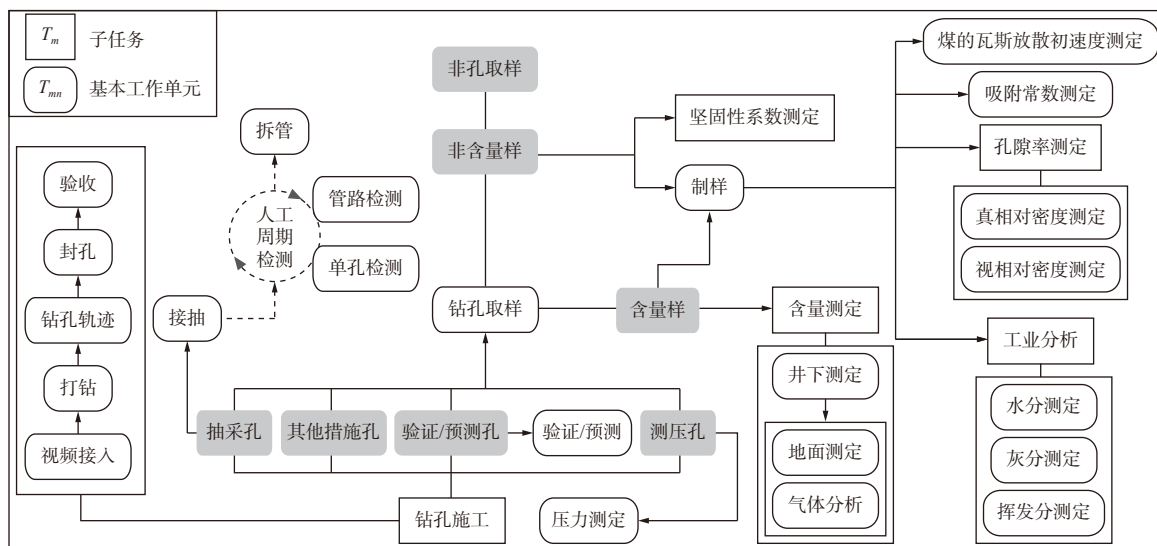


图 3 主要瓦斯治理业务及实施路径

Fig. 3 Main gas control business and implementation path

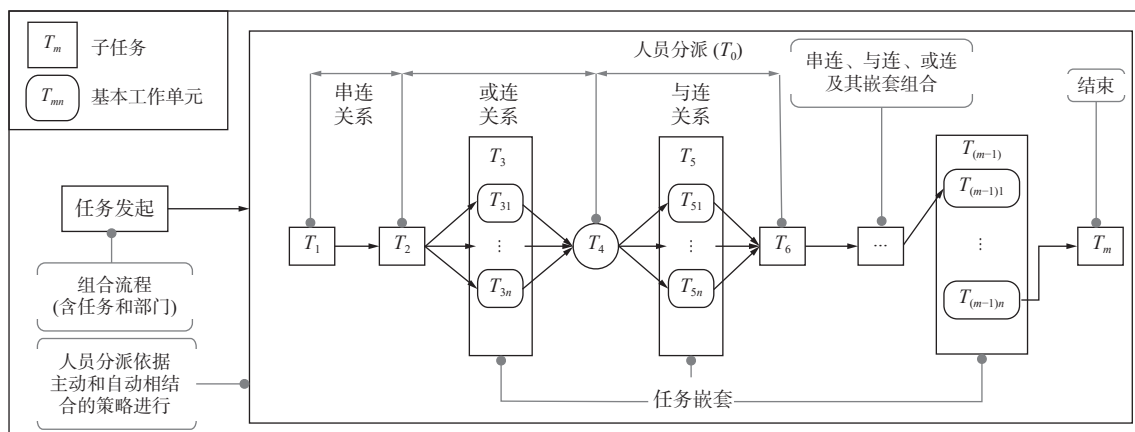


图 4 瓦斯治理业务协同机制

Fig. 4 Collaboration mechanism of gas control business

理执行进度信息,能够有效监督和控制瓦斯治理工作的整体运作,确保组织决策得以有效执行,提高决策支持能力,通过 workflow 中各基本工作单元人员的执行动态,可以保证瓦斯治理措施“质量可靠”和“过程可溯”。

3.2 任务分派策略

煤矿人员、机构复杂,任务密集,靠传统手动方式分配任务需要大量人力和时间。如果分配者不能及时掌握候选人现有的工作量和工作计划,仅凭主观判断,任务分配难以达到均衡,导致部分员工的工作安排负荷较大,而另一部分员工处于等待任务状态。因此,在 workflow 任务派单时采用主动和自动相结合的策略将各基本工作单元任务分配给相应的执行者,分 2 个阶段进行:候选对象在规定时间内从任务列表获取感兴趣的任务;将 workflow 剩余任务根据任务匹配度筛选出最合适对象^[22],其中,任务匹配度根据候选对象的当前负载量、预期负载量和技能熟

练度确定。

3.3 工作流动态设计

由于瓦斯治理业务实施过程管理的工序是严格的人为规定,如果因为工序混乱导致施工出现问题,后果不堪设想,因此不允许擅自更改用户未批准的流程步骤。这里的工作流动态设计主要针对有新的业务流程上传并替换原有业务流程,包括 2 种情况:① 过程定义的动态修改。在过程定义阶段,通过在描述文件中预先定义的规则,尽量覆盖到运行中的动态变化,然后为其提供可选择的流程分支。② 过程实例的动态修改。在工作流运行阶段,根据实际状态变化,可以选择终止所有正在运行的流程实例,然后按照新的流程定义重新启动,或者对正在运行的流程实例不做任何处理,之后创建新的流程实例并按照新的流程定义执行,或者将正在运行的过程实例转换为新流程定义下的流程实例,并执行下去。

对于 Petri Nets,上述修改都可归为添加、删除和

替换,使用描述文件动态生成和配置 workflow 网络,并保存为 JSON 格式,记录每个节点的编号、名称,形成节点列表,代表一个具体的业务步骤;记录每个节点的前后逻辑关系,形成连线列表,代表业务步骤之间的关联关系。通过描述文件动态生成和配置 workflow 网络,支持瓦斯治理 workflow 执行过程中的动态性^[23]。借助基于微服务的工作流核心,将用户对描述文件的修改转变为对 workflow 节点的添加、删除、替换操作,从而实现在系统运行时 workflow 模型实例不停机。

4 应用实例

workflow 开发工具主要有 Activiti、Camunda 和

Flowable 等主流 workflow 引擎,其中 Flowable 在功能性、扩展性方面具有优异表现,且能更好地支持事务子流程、动态添加任务节点等,因此,基于 B/S 架构,利用 Flowable 6.7 workflow 引擎进行瓦斯治理动态 workflow 相关功能开发。

以某工作面区域防突措施效果检验环节中的瓦斯含量测定为例,对瓦斯治理动态 workflow 进行说明。瓦斯含量测定采用 GB/T 23250—2009《煤层瓦斯含量井下直接测定方法》中的自然解吸法,其中,不可解吸量计算所需的工业分析、孔隙率和吸附常数等参数利用同一位置非孔取得的样品进行测定。同时对取样钻孔进行封孔抽采,任务组成及实施流程如图 5 所示。

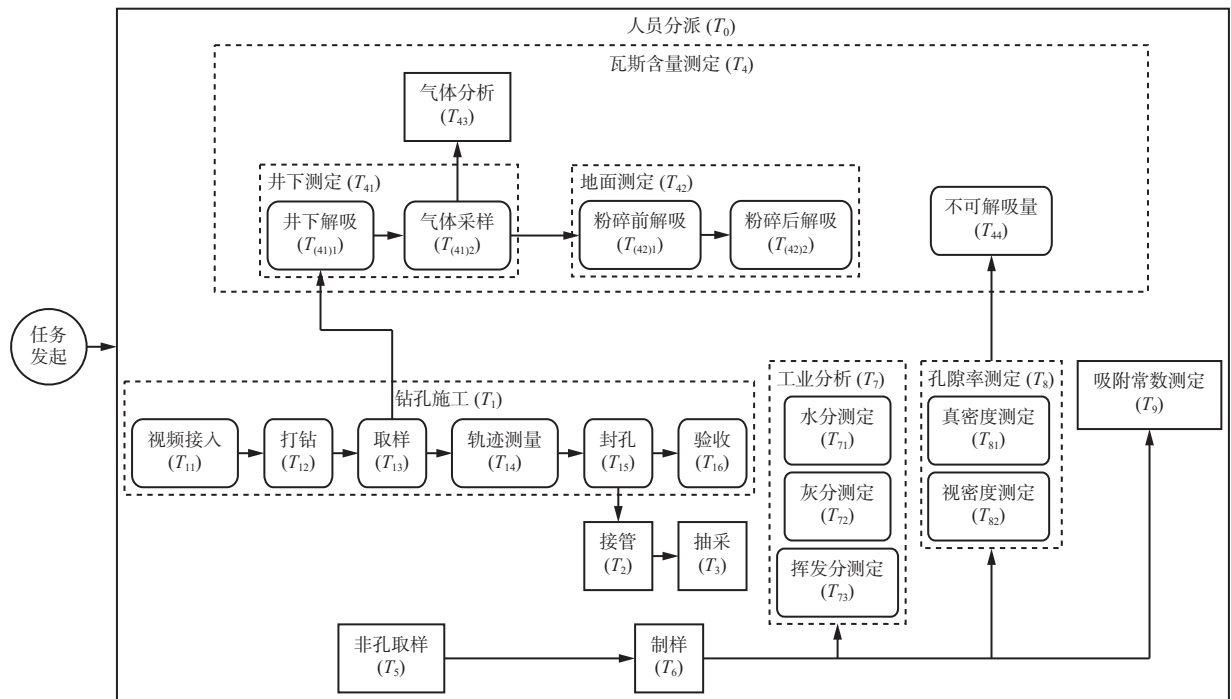


图 5 瓦斯含量测定任务组成及实施流程

Fig. 5 Composition and implementation process of gas content determination task

任务派单后,在 workflow 概览中可以查看该 workflow 所属工作面及瓦斯治理环节、工作面瓦斯治理进度信息、瓦斯治理措施设计文档、workflow 所处阶段和过程动态信息等,其中,动态信息包括 workflow 生成、任务接收和分派统计、流程挂起、流程终止、流程完成等系统信息,子任务接收和完成等 workflow 信息,任务转派等提醒信息,如图 6 所示。

在任务处理中,执行人进入瓦斯含量测定中各流程节点任务页面进行相应基本工作单元业务处理,完成自己的工作内容并进行提交。执行人也可将自己的任务进行转派,在规定时间内接收人完成工作内容,如图 7 所示。

在流程图中,可以查看完成整个瓦斯含量测定

业务和子任务的时长统计,为该业务流程的改进和优化提供依据,加大瓦斯治理工作管理深度。

5 结论

(1) 基于细则附录 A,将采掘工作面和揭煤工作面的瓦斯治理 workflow 分为测试和措施 2 类环节,从前期的专项措施设计和进度计划、具体实施和环节转换逻辑、监督和验收等方面对瓦斯治理实施过程进行了描述,在此基础上,将瓦斯治理 workflow 环节具体化为技术文档和报告单审批、钻孔施工、取制样、瓦斯参数测定、抽采及其参数检测等 5 类工作,为瓦斯治理业务流程化奠定基础。

(2) 为构建瓦斯治理动态 workflow,将上述后 4 类

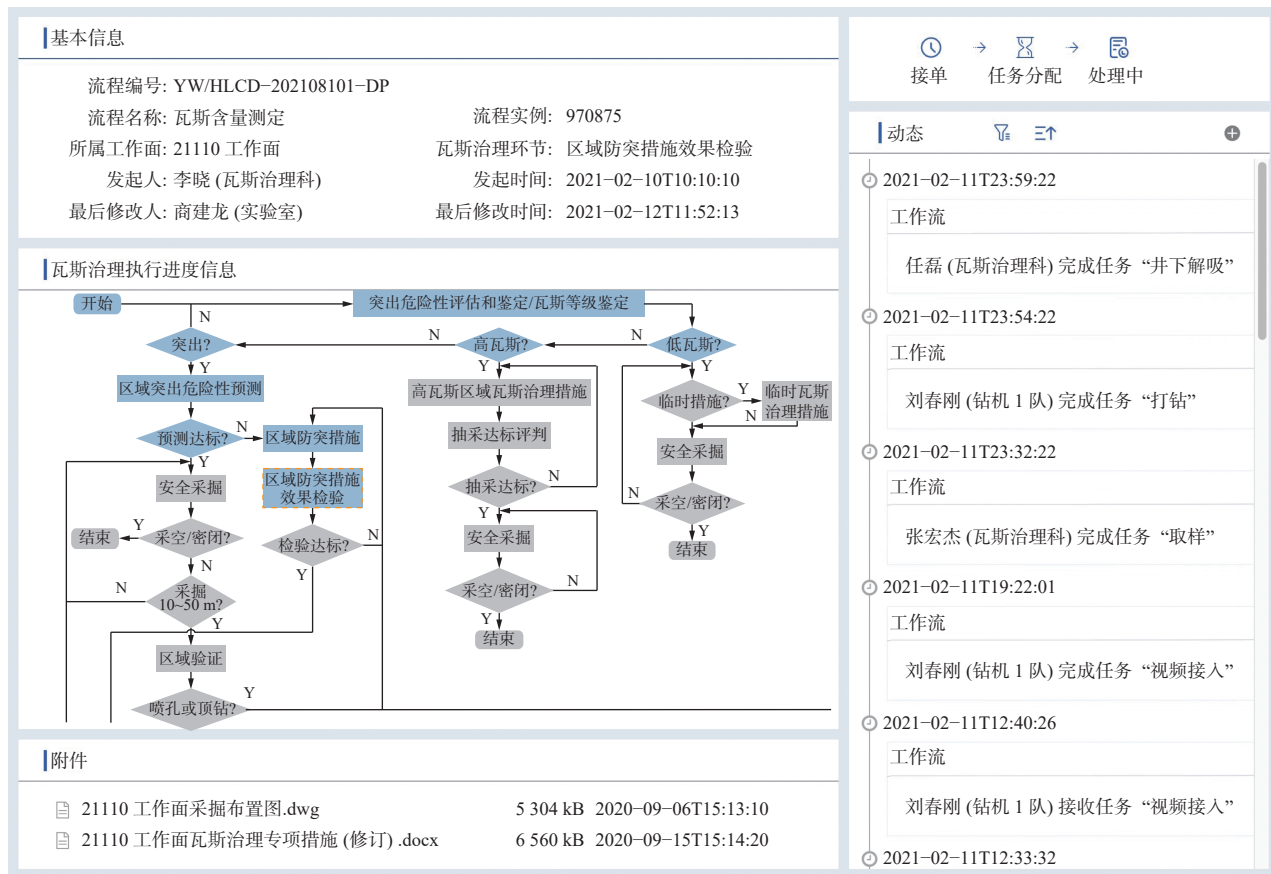


图 6 workflow实例概览

Fig. 6 Overview of workflow instance



图 7 流程实例各任务处理

Fig. 7 Processing of each task in the process instance

工作进行重构,并进一步拆分为25个基本工作单元,利用Petri Nets将不同基本工作单元进行组合,用于建立不同跨部门瓦斯治理复杂业务工作流程,基于主动和自动相结合的策略进行 workflow 任务分配。使用描述文件动态生成和配置 workflow 网络满足对瓦斯治理动态 workflow 建模的要求。workflow 包含工作面瓦斯治理执行进度、各基本工作单元的人员执行动态和完成时长等信息。

(3) 后续结合需要,可对保护层开采、地面井预抽煤层瓦斯等区域瓦斯治理措施,安装金属骨架、煤体固化、水力冲孔等工作面防突措施及安全防护措施开展业务流程化研究,针对接入的不同系统和仪器设备建立对应的内容表单模板,开发移动端程序,以便更加灵活、便捷地执行井下瓦斯治理相关业务,不断完善瓦斯治理业务流程。

参考文献(References):

- [1] 丁恩杰,廖玉波,张雷,等.煤矿信息化建设回顾与展望[J].工矿自动化,2020,46(7):5-11.
DING Enjie, LIAO Yubo, ZHANG Lei, et al. Review and prospect of coal mine informatization construction[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(7): 5-11.
- [2] 仲蕊.煤矿智能化支撑煤炭工业高质量发展[N].中国能源报,2022-02-21(15).
ZHONG Rui. Intellectualization of coal mines supports high-quality development of the coal industry[N]. China Energy News, 2022-02-21(15).
- [3] 王清峰,陈航.瓦斯抽采智能化钻探技术及装备的发展与展望[J].工矿自动化,2018,44(11):18-24.
WANG Qingfeng, CHEN Hang. Development and prospect on intelligent drilling technology and equipment for gas drainage[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(11): 18-24.
- [4] 徐雪战.矿井防突信息预测装备体系与应用效果[J].煤矿安全,2020,51(12):100-104.
XU Xuezhan. Mine outburst prevention information prediction equipment system and its application effect[J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(12): 100-104.
- [5] 原雅茹.煤矿安全监测监控系统可复用框架的设计与实现[D].太原:太原科技大学,2018.
YUAN Yaru. Design and implementation of reusable framework for coal mine safety monitoring and control system[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2018.
- [6] 刘燕华.煤矿一张图协同机制及关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2016.
LIU Yanhua. Cooperative mechanism and key technologies for coalmine one-map[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2016.
- [7] 骆秀秀,毛善君,张鹏鹏,等.基于GIS的工作面探煤数据管理方法研究与应用[J/OL].煤炭科学技术:1-9[2022-05-19]. DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2021-0511.
LUO Yunxiu, MAO Shanjun, ZHANG Pengpeng, et al. Research and application of coal exploration data management method in working face based on GIS[J/OL]. Coal Science and Technology: 1-9[2022-05-19]. DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2021-0511.
- [8] 李偲,韦善阳,孙威,等.基于GIS的煤层瓦斯突出危险区域预测[J].矿业研究与开发,2021,41(7):44-49.
LI Cai, WEI Shanyang, SUN Wei, et al. Prediction of coal and gas outburst hazard zone based on GIS[J]. Mining Research and Development, 2021, 41(7): 44-49.
- [9] 毛善君,崔建军,王世斌,等.煤矿智能开采信息共享管理平台构建研究[J].煤炭学报,2020,45(6):1937-1948.
MAO Shanjun, CUI Jianjun, WANG Shibin, et al. Construction of information sharing platform of mine safe production for intelligent mining[J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(6): 1937-1948.
- [10] 国家发展改革委,国家能源局.煤炭工业发展“十三五”规划[EB/OL]. [2021-12-30]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201706/t20170605_1196782_ext.html.
National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Coal industry development "the 13th Five-Year Plan"[EB/OL]. [2021-12-30]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201706/t20170605_1196782_ext.html.
- [11] 孙东玲.推动瓦斯防治全过程信息化智能化[N].中国煤炭报,2020-05-09(3).
SUN Dongling. The whole process of gas prevention and control has been promoted with informatization and intelligence[N]. China Coal News, 2020-05-09(3).
- [12] 邱小平.基于 workflow 的业务流程管理与优化[M].北京:科学出版社,2018.
QIU Xiaoping. Business process management and optimization based on workflow[M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [13] 朱晨妍.异构分布式环境下 workflow 时间与成本优化算法研究[D].岳阳:湖南理工学院,2021.
ZHU Chenyan. Research on makespan and cost of scheduling workflow in heterogeneous distributed computing system[D]. Yueyang: Hunan Institute of Science and Technology, 2021.
- [14] 郭恒庆.煤矿安全管理信息系统开发与应用研究[D].成都:电子科技大学,2013.
GUO Hengqing. Research on the development and application of coal mine safety management information system[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013.

- [15] 李翠平, 张佳, 钟媛. 基于云计算和工作流的煤矿设备管理EAM系统[J]. 工程科学学报, 2015, 37(4): 528-534.
LI Cuiping, ZHANG Jia, ZHONG Yuan. Enterprise asset management system of coal mine equipment basing on cloud computing and workflow[J]. Chinese Journal of Engineering, 2015, 37(4): 528-534.
- [16] 万喜临. 煤矿机电设备健康管理系统关键技术研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2011.
WAN Xilin. The research of coal mine mechanical & electrical equipment health management system key technology[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2011.
- [17] 王正龙. 基于工作流的安全生产监督管理系统[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
WANG Zhenglong. System of production safety supervise and management based on workflow[D]. Changchun: Jilin University, 2014.
- [18] 孙笑笑. 煤矿安全技术服务信息管理系统[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2021.
SUN Xiaoxiao. Coal mine safety technology service information management system[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2021.
- [19] 李俊霞, 孙江峰. B/S架构的煤矿智能化信息管理平台的设计和实现[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2014, 42(1): 170-174.
LI Junxia, SUN Jiangfeng. Mine intelligent information management platform design and implementation based on B/S[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 2014, 42(1): 170-174.
- [20] 姜水军, 胡敏. 煤质全过程管理系统设计[J]. 工矿自动化, 2021, 47(4): 116-120.
JIANG Shuijun, HU Min. Coal quality whole process management system design[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(4): 116-120.
- [21] 张志强, 安景文. 基于Petri网的煤矿井下工程全生命周期过程建模研究[J]. 煤炭工程, 2015, 47(7): 142-144, 148.
ZHANG Zhiqiang, AN Jingwen. Whole life cycle process modeling of underground coal mine project based on Petri net[J]. Coal Engineering, 2015, 47(7): 142-144, 148.
- [22] 方杰. 基于jBPM的动态工作流的研究与应用[D]. 南昌: 南昌大学, 2018.
FANG Jie. Research and application of dynamic workflow based on jBPM[D]. Nanchang: Nanchang University, 2018.
- [23] 张贝贝. 面向BIM施工管理的动态工作流协同架构研究与设计[D]. 西安: 西安理工大学, 2020.
ZHANG Beibei. Research and design of dynamic workflow collaborative architecture for BIM construction management[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2020.
- (上接第 96 页)
- [17] 朱培祥, 龚柏宇, 李海, 等. 应用模糊控制的煤矿通风机节能控制装置研制[J]. 自动化仪表, 2020, 41(8): 87-90.
ZHU Peixiang, GONG Boyu, LI Hai, et al. Development of energy saving control device for coal mine ventilator with fuzzy control[J]. Process Automation Instrumentation, 2020, 41(8): 87-90.
- [18] 陈志峰, 郭珊珊, 徐立军, 等. 煤矿局部通风机瓦斯浓度自动调节及节能控制研究[J]. 电气自动化, 2021, 43(1): 23-25.
CHEN Zhifeng, GUO Shanshan, XU Lijun, et al. Research on gas concentration automatic regulation and energy saving control of local ventilators in coal mines[J]. Electrical Automation, 2021, 43(1): 23-25.
- [19] 王勇. 矿井局部通风机变频控制方法的探讨[J]. 硅谷, 2014, 7(14): 49-50.
WANG Yong. Discussion on frequency conversion control method of mine local ventilator[J]. Silicon Valley, 2014, 7(14): 49-50.
- [20] 杜岗, 马小平, 张萍. 煤矿局部通风机转速控制算法研究[J]. 工矿自动化, 2020, 46(9): 69-73, 87.
DU Gang, MA Xiaoping, ZHANG Ping. Research on speed control algorithm of coal mine local ventilator[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(9): 69-73, 87.
- [21] 任志玲, 林冬, 夏博文, 等. 基于GASA-SVR的矿井瓦斯涌出量预测研究[J]. 传感技术学报, 2017, 30(2): 247-252.
REN Zhiling, LIN Dong, XIA Bowen, et al. Research on prediction of mine gas emission quantity based on GASA-SVR[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2017, 30(2): 247-252.