

doi: 10.7690/bgzd.2024.11.007

基于网络交互与智能规则的调度操作指挥模块

陈兴望¹, 张 勇¹, 范展滔¹, 邱生敏¹, 薛国权²

(1. 中国南方电网电力调度控制中心, 广州 510700; 2. 泰豪软件股份有限公司, 南昌 330096)

摘要: 针对传统的手打拟票、手工记录以及电话下令的业务开展方式已成为操作效率提升的瓶颈, 提出在调度指挥控制系统(dispatch command control system, DCCS)上设计调度操作指挥模块。将电话下令转变为网络交互; 构建多种基于智能规则的自动成票手段, 取代传统的手打出票方式; 操作完成后系统可自动记录设备状态信息并通知相关单位, 实现调度操作全流程的网络化、信息化与智能化。模块上线运行结果表明, 数据显示对调度操作效率的提升作用显著。

关键词: 南方电网; 调度操作指挥; 操作效率; 网络交互; 智能规则

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Dispatching Operation Command Module Based on Network Interaction and Intelligent Rule

Chen Xingwang¹, Zhang Yong¹, Fan Zhantao¹, Qiu Shengmin¹, Xue Guoquan²

(1. Power Dispatching and Control Center, China Southern Power Grid, Guangzhou 510700, China;

2. Tellhow Software Co., Ltd., Nanchang 330096, China)

Abstract: In view of the fact that the traditional business development mode of hand-printed tickets, manual records and telephone orders has become the bottleneck of improving operation efficiency, a dispatch operation command module is designed on the dispatch command control system (DCCS). The system can automatically record the equipment status information and notify the relevant units after the operation is completed, so as to realize the networking, informatization and intellectualization of the whole dispatching operation process. The on-line running results of the module show that the data display plays a significant role in improving the efficiency of dispatching operation.

Keywords: China Southern Power Grid; dispatch operation command; operational efficiency; network interaction; intelligent rules

0 引言

随着南方五省区国民经济的稳步发展, 电网设备规模也逐年扩大, 目前, 南方电网已成为全世界规模最大最复杂的交直流互联大电网之一。电网设备数量的上涨, 导致设备计划与非计划检修任务量大幅增加, 调度台的操作量接近饱和, 操作等待的情况频繁出现。对检修工作进度乃至后期的送受电安排都造成较大影响。特别是在南方区域现货市场改革的大背景下, 设备延迟复电还会影响市场的正常出清, 面临市场监管。因此, 提高调度操作效率已成为电网运行重点关注的问题。

目前, 调度操作多数采用系统手打出票、手工记录以及电话沟通的方式。随着检修操作量的增大, 传统方式出票速度慢、记录信息效率低以及交互流程冗长繁琐等问题逐渐显现, 因此急需对现有调度操作的开展方式进行改进。近年来, 行业也进行了

一些有益的尝试。文献[1]提出了一种基于状态令的操作票智能成票系统, 大大提高了出票效率, 但智能成票手段较单一, 难以满足实际调度运行下各场景的需求; 文献[2]介绍了广东电网省地一体化调度电子发令系统的设计理念, 系统实现网络下令, 取代了电话的交互模式, 提高了调度的操作指挥效率; 文献[3]介绍了佛山电网基于文献[2]的系统开发的适应地调日常运行工作的特色模块。但近年来, 该系统已难以适应现有调度操作的实际需求, 广东电网正在南网总调的指导下建设新一代的调度网络指挥系统。文献[4]介绍了一种可实现自动指挥的网络发令系统, 该系统的设计着眼于未来的调度程序化下令场景, 具有一定前瞻性与启发性。

随着调度业务种类的增加, 以及对调度操作效率进一步提升的需求, 现有系统已无法满足调度运行工作的发展需要。基于上述背景, 总调在 2018

收稿日期: 2024-06-19; 修回日期: 2024-07-20

基金项目: 中国南方电网重点基金项目(ZDKJXM20190018)

第一作者: 陈兴望(1992—), 男, 重庆人, 硕士。

通信作者: 薛国权(1989—), 男, 江西人, 硕士。

年建设完成了 DCCS, 该系统可实现调度业务全流程的网络交互, 从根本上改变了调度运行工作的开展方式, 未来总调还将继续指导南方五省共同搭建网省地一体化的调度指挥网络体系。

为了进一步提高调度操作效率, 南网总调在 DCCS 上设计开发了调度操作指挥模块, 该部分设计可适应南网 2017 年新修编的操作管理规定中的 4 种操作模式。模块将电话下令转变为网络交互, 并构建了多种基于智能规则的自动成票手段, 取代了传统的系统手打出票方式; 操作完成后系统可自动记录设备状态信息并通知相关单位, 实现了调度操作全流程的网络化、信息化与智能化。模块投入使用后, 数据显示对调度操作效率的提升作用显著。

笔者旨在研究如何将调度指挥网络交互与调度规则智能成票相融合, 实现新一代调度指挥体系的网络化、信息化、智能化。

1 南方电网调度操作模式

2017 年 10 月, 南方电网全面实施《中国南方电网调度运行操作管理规定》(2017 年版)(简称“新操作管理规定”), 调度将部分设备操作权下放, 并允许现场填写部分设备的操作命令, 设备操作过程中调度与现场的交互环节进一步简化。修编后的新操作管理规定界定了直接、配合、委托和许可 4 种操作模式。DCCS 的操作指挥模块也是根据上述 4 种模式的流程与定义进行设计搭建的。

1.1 直接操作

直接操作是值班调度员直接向运行值班员发布调度操作命令的方式。各级调度对其调管范围内的设备都可以采用该模式, 但在南网总调的实际运行工作中, 多将其应用于两侧设备由同一调度调管线路的停复电操作, 流程如下:

1) 现场向调度发起停复电申请, 调度与现场核实设备、检修单内容, 确认无误后拟定操作票, 最后调度确认具备操作条件;

2) 调度向现场下达操作命令, 进行设备的停复电操作。

1.2 配合操作

配合操作是不同调度机构为完成同一操作任务, 根据一定的逻辑关系配合操作各自调管设备的操作方式。目前, 该操作模式主要应用于两侧设备由不同调度调管线路的停复电操作, 相关方调度在线路对侧厂站无调管权, 流程如下:

1) 现场向调度发起停复电申请, 双方调度与现场核实设备以及检修单内容, 主导方调度员向配合方调度员发送《线路配合操作任务单》, 双方调度确认无误后, 根据任务单内容拟定操作票, 最后调度确认具备操作条件;

2) 主导方调度向现场与配合方调度下达操作命令, 进行设备的停复电操作。

1.3 许可操作

许可操作是值班调度员对下级值班调度员或运行值班员提出的操作申请予以许可(同意)的操作方式。仅涉及一个厂站且不会改变线路状态的操作可以采用许可操作模式。在南网总调的实际运行工作中, 该操作模式主要应用于本级调度机构调管的除线路以外的站内设备。新操作管理规定允许现场拟定许可操作书面命令, 提出申请后调度只需履行审核职责, 而改革前则需要调度拟定许可操作书面申请。此举优化了调度与现场的设备操作职能分布, 结束了调度操作“多等一”的情况, 大大提高了设备操作准备效率, 但该举措的实施需要 DCCS 相关模块提供技术支撑, 流程如下:

1) 现场向调度发起停复电申请以及许可操作书面形式申请, 调度与现场核实设备、检修单内容, 然后调度审核停复电申请, 并确认具备操作条件;

2) 调度同意现场的许可申请, 对设备进行停复电操作。

1.4 委托操作

委托操作是调管机构将其调管设备的操作权委托其他调度机构的操作方式。同一厂站内的设备, 分属不同调度机构调管, 经相关值班调度员协商后, 可采取委托操作方式将其中一方调管设备委托另一方值班调度员操作。目前, 该操作方式多用于本体由其他调度机构调管的变电站主变的停复电操作, 流程如下:

1) 现场与受委托方调度向委托方调度发起停复电申请, 委托方调度与现场核实设备、检修单内容, 确认无误后委托方调度拟定委托操作任务单并确认具备操作条件;

2) 委托方调度向受委托方调度下达委托操作任务单, 受委托方调度现场进行设备停复电操作。

2 调度操作现状及需求分析

2.1 主设备操作效率分析

近年来南方电网规模逐渐扩大, 如表 1 所示。

相应地,设备预试、定检以及技改等计划检修任务量大幅增加,而设备紧急缺陷处理等非计划检修任务量也随之相应增长。为了保障迎峰度夏以及各类保供电任务,再加上输电走廊过密导致的线路陪停情况,导致设备检修窗口固定,检修任务较为集中。因此,调度台的检修操作任务量大幅增长,工作接近饱和,操作等待的情况频繁出现,调度准备与操作时间持续增长如图 1 所示

表 1 2010 年与 2018 年 500 kV 电网设备规模

年份	变电站个数	换流站个数	线路条数	主变台数
2010	87	8	298	163
2018	129	19	635	295

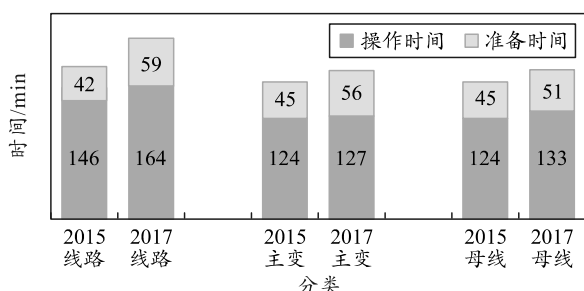


图 1 500 kV 主设备停电的调度准备与操作平均时间

2.2 调度操作中存在的问题及需求分析

在 2018 年以前,南方电网的调度工作中多采用手打出票以及电话核实、下令的方式。例如直接操作,调度需通过电话与现场逐一核实设备状态与检修单内容,防止设备实际状态与 SCADA 不一致以及调度和现场查看的检修单内容有误或不一致等。然后调度需通过手工打字出票,并经过审核无误后,方可出票。最后通过电话下令给现场。若是配合操作,还需要与配合方调度核实配合操作任务单的内容,操作准备时间更长。若是许可操作,现场提起停复电操作后还需要调度员填写许可操作书面命令,而在实际调度运行工作中,这类操作非常多,若操作效率不高很容易造成操作堆积的情况。目前南方电网调度操作中主要存在以下问题:

- 1) 系统手打出票速率慢,易出错,效率低,难以满足现阶段调度运行的快节奏工作需求;
- 2) 电话是唯一的沟通工具,易造成“多等一”的情况,调度业务堆积情况严重;
- 3) 电话易造成调度员工作忙乱、思路不连贯且易遗忘事务,难以区分业务主次先后;
- 4) 电话下令存在口齿不清,谐音方言等问题,导致调度员反复沟通确认,沟通效率低;
- 5) 需要人工记录、翻查和统计的资料增多,工作效率低。

为了进一步减少操作等待时间,提高调度操作效率,新建的网络指挥系统必须针对性的解决上述问题,其应满足:

- 1) 系统可通过多种方式实现智能成票,适应多种场景下的拟票需求,加快调度拟票速率;具备智能校核功能,减少票面修改次数,加快出票速率。
- 2) 实现下令过程中调度与现场的网络交互,调度命令通过标准文字传输,提高调度指挥效率。
- 3) 实现新操作模式下的全流程信息化,系统可自动记录设备状态信息、调度日志以及通知相关单位,提高调度日常运行的工作效率。

3 调度操作指挥模块设计

根据上述需求,南网总调在 DCCS 中设计了开展调度操作指挥业务的相关功能,主要涉及停电申请、复电申请、设备状态管理、操作票管理、直接操作、配合操作、许可操作以及委托操作 8 个模块。模块间的应用顺序与交互关系如图 2 所示。

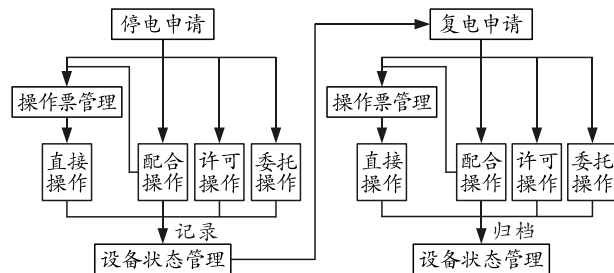


图 2 DCCS 调度操作指挥功能模块应用交互

在执行设备停电操作业务时,需先由现场发起停电申请,然后调度根据申请的操作模式选择不同模块进行操作,操作完成后系统会自动记录设备状态信息至设备状态管理模块,该模块再反馈调度日志,调度通知以及设备状态记录等信息至其他单位或系统。复电操作时需先从设备状态管理模块中待复电的设备状态记录处发起,后续的应用顺序则与停电操作时相同。

3.1 停电申请

停电申请模块用于运行值班员确认现场具备操作条件后向调度申请停电操作,汇报设备状态的场景,旨在替代现场申请停电操作、调度确认设备状态以及操作条件的电话流程。模块流程如图 3 所示。模块具备以下功能:

- 1) 一键生成计划检修任务的停电申请。模块满足当调度员关联计划检修申请后,依据智能规则自动填写检修信息。
- 2) 针对非计划检修任务的停电申请操作,模块

设计了在无检修单允许手动选择相关字段信息功能，保证信息填写的规范性与准确性。

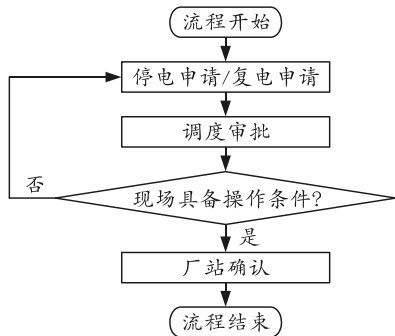


图 3 停电/复电申请管理流程

3.2 复电申请

复电申请模块用于运行值班员确认现场具备操作条件后向调度申请复电操作，汇报设备状态场景，旨在替代现场申请复电操作、调度确认设备状态以及操作条件的电话流程。复电申请与停电申请类似，模块流程如图 3 所示。

模块具备以下功能：

1) 一键生成复电申请，模块满足点击设备状态记录中的待复电设备后，能快速生成复电申请单，使停复电操作信息完全一致，并操作流程闭环。

2) 智能校核复电条件，模块设计必须點選确认所有复电核实条件才可发送复电申请。系统替代电话核实，不存遗漏，保证复电操作的安全性。

3.3 设备状态管理

设备状态管理用于对电网设备状态的监视及记录的场景，可辅助调度员确认一、二次设备的实时运行状态。设备停复电操作归档后均自动向设备状态管理同步操作记录，并记录操作信息。设备复电操作则必须从设备状态管理发起。该模块旨在替代传统电话收令完成后手动记录或归档设备状态信息的流程。

3.4 操作票管理

操作票管理用于对设备进行停复电操作时拟定操作票的场景，具备多种智能成票方式，包括图模拟票、设备状态拟票、检修单拟票、套用历史票拟票等，旨在替代调度员传统的手工拟票方式。

3.4.1 图模拟票

图模拟票是指通过在图模上模拟设备操作，系统解析拓扑逻辑关系，匹配相关算法智能生成操作票的拟票方式。模拟票界面如图 4 所示。

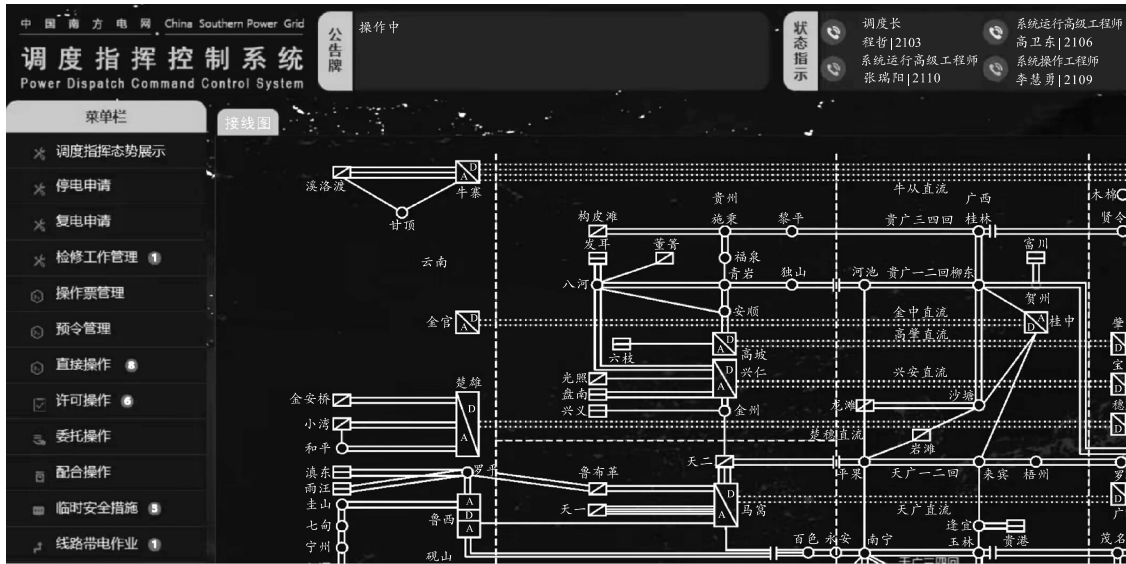


图 4 图模拟票界面

一键图元操作智能拟票。调度员选中设备图元并设定目标状态后，模块从 SCADA 系统抓取目标设备当前状态及电网拓扑信息，解析逻辑关系，智能匹配拟票算法，正向推理生成调度操作票。

图形批量成票。调度员可一次性选多个设备图元，右键选择目标状态，批量生成调度操作票。

数据实时同步，与 SCADA 系统同步电网设备

图形、模型、设备状态等数据。图模更新周期小于等于 24 h，设备状态信息数据刷新闻隔小于等于 30 s。

3.4.2 设备状态拟票

设备状态拟票是指选择待操作的设备，通过从 SCADA 系统抓取目标设备当前状态以及设定目标状态后，解析设备拓扑以及操作逻辑关系，智能生

成操作票的拟票方式。

3.4.3 检修单拟票

检修单拟票是指通过关联检修申请单自动解析设备操作信息,智能生成调度操作票的成票方式。模块具备以下功能特点:

1) 检修单数据实时同步,调度指挥系统中检修单数据与调度检修单管理系统实时同步。检修单更新周期小于等于 30 s。

2) 检修单批量成票,可一次性选取多张检修单成票;也可多张检修单中多个设备进行分割生成多个操作票,也可剔除重复设备生成一张操作票。

3.4.4 套用历史票拟票

套用历史票拟票是指通过选取已执行的操作票生成拟定中的新操作票,在该票基础上进行修改或直接选取作为最终拟定操作票的拟票方式。

3.5 直接操作

直接操作模块用于调度直接向现场发布调度操作命令进行操作的场景,旨在替代调度员传统的电话下令,语音沟通的方式。实际运行中多用于线路的停复电操作,可收发单项令,逐项令及综合令等形式的调度命令,模块流程如图 5 所示。

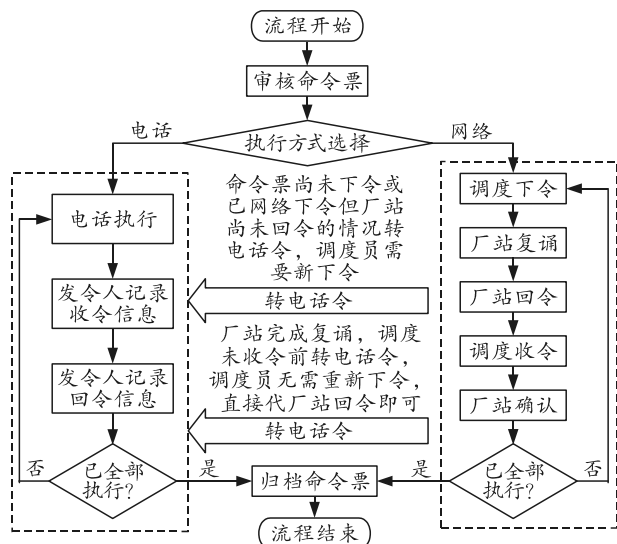


图 5 直接操作管理流程

模块具备以下功能:

1) 机器代理校验待操作设备的实际状态以及现场复诵、回复调度命令的内容。调度下令和收令时,系统可获取 SCADA 系统设备的实时状态,与命令票中设备的状态进行对比较验,若状态不一致,系统会发出警告。另外,系统还具备自动校验调度命令复诵和回复内容的功能。上述功能可替代传统

的人工比对方式,提升了操作效率。

2) 调度-现场网络情况实时监测,具备转电话令功能。调度命令交互期间,系统将检测所有该命令票涉及单位网络是否正常,若存在网络异常,会提示调度员当前异常并转电话令。进入电话令模式后用户可对系统进行离线操作,调度端与受令端的系统流程不受影响。该功能构建了一种新型的调度命令网络-电话混合交互方式,可适应实际运行工作中的各类命令收发场景。

3) 调度命令具备闭锁,断点执行等功能。调度值班负责人可手动闭锁命令票关键步骤,解锁后方可继续操作。若现场不具备操作条件,受令方可选择“暂不执行”命令,系统自动向调度推送提醒确认后,下令信息可恢复至待下令状态。

3.6 配合操作

配合操作模块用于主导方调度执行配合操作时与操作配合调度方收发并确认《配合操作任务单》的场景。旨在替代双方调度电话沟通操作顺序与确认设备状态的方式。配合操作模块不包括设备配合操作下令的流程,该部分流程并入了直接操作的模块中,2 种操作模式在下令收令流程上并无区别。模块流程如图 6 所示。

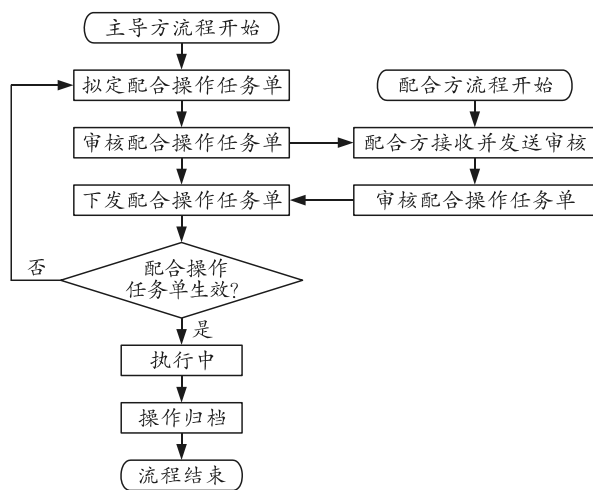


图 6 配合操作流程

模块具备以下功能:

1) 一键关联检修单生成配合操作任务单。调度员可关联计划检修申请单填写配合操作任务单,配合操作任务单中与检修单相关信息由系统自动填写;非相关信息可手动点选填写。

2) 主导方与配合方可分别填写本方调管设备的状态等相关信息,具备流程回退及信息更改功能。替代语音电话的来回反复沟通与表单的扫描传输,

大大提升双方调度的操作效率。

3.7 许可操作

许可操作模块是用于现场拟定许可操作书面命令后，向调度提出的许可操作申请并操作的场景。旨在替代调度员传统的电话核实信息，手工编写许可书面命令，以及电话下令的方式。模块流程如图 7 所示。

模块功能：可由现场填写许可操作书面命令提交至调度审核并许可。受令单位发起操作模式为许可操作的停、复电申请时，可自动生成许可操作书面命令。提交调度后，相应的许可操作书面命令自动流转至审核环节，调度员可在许可操作模块进行审核，审核后可许可现场执行。

其他功能与直接操作相同，不再赘述。

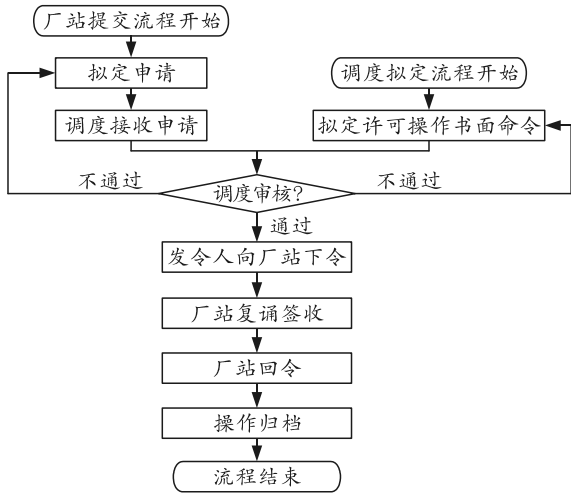


图 7 许可操作流程

3.8 委托操作

委托操作模块用于调度拟定委托操作任务单，并委托给受委托调度机构进行操作的场景，旨在替代委托方调度将设备电话委托给受委托方的方式。模块流程如图 8 所示。

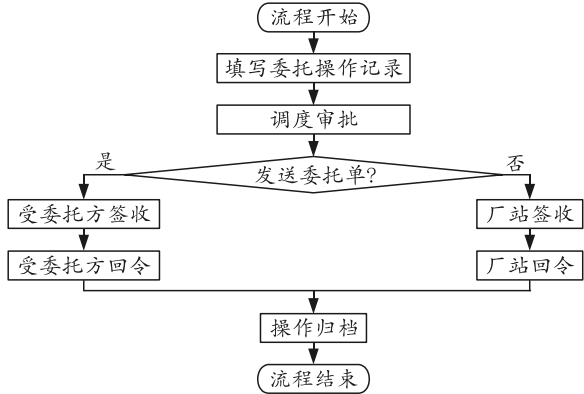


图 8 委托操作流程

模块功能：一键关联检修单生成委托操作任务单。调度员可关联计划检修申请单填写委托操作任务单，委托操作任务单中与检修单相关信息由系统自动填写，非相关信息可手动点选填写。

其他功能与直接操作相同，不再赘述。

4 工程实践

本节提取了南方电网新操作管理规定推行后，相关模块上线前后的设备停电准备与操作时间数据进行对比，说明调度操作指挥模块使用后带来的调度操作效率提升。从表 2 可知各项操作效率均有着极大的提升。

表 2 调度操作指挥模块的应用前后对比

内容	统计时间	运行次数	准备平均时间			操作平均时间			整体效率/%
			使用前/min	使用后/min	准备效率/%	使用前/min	使用后/min	操作效率/%	
调度命令操作模块应用情况	2018.11~2019.8	346	65	26	60	114	95	17	32
调度配合操作模块应用情况	2019.3~2019.8	60	81	39	52	156	133	15	27
许可操作模块应用情况	2018.11~2019.8	141	59	22	63	70	56	20	40
委托操作模块应用情况	2018.11~2019.8	114	54	25	54	67	57	15	32

命令操作模块上线单轨使用以来共进行 346 次交流线路停电操作，总效率提升 32%。

配合操作模块上线单轨使用以来共进行 60 次交流线路停电配合操作，总效率提升 27%。

许可操作模块上线单轨使用以来共进行 141 次母线停电操作，总效率提升 40%。

委托操作模块上线单轨使用以来共进行 114 次主变停电操作，总效率提升 32%。

以上数据表明：

1) 操作准备流程的网络化、信息化对操作准备

效率的提升作用巨大，取代了电话的逐项语音核实以及手工记录，解决了沟通效率低下、手工出票缓慢和信息记录繁杂的问题。

2) 许可模块的投入解决了电话“多等一”的情况，极大地改善了非线路设备操作堆积的现状。多个受令单位同时申请操作时，调度员可有目的性的安排设备的操作顺序，进一步优化电网操作的指挥效率。

3) 网络发令提升了设备的操作执行效率。