基于实物ID的继电保护厂网协同智能管控技术的研究与应用

文/章耀耀　刘中平　韩　俊
国家电网有限公司华东分部

基于实物ID构建继电保护厂网协同智能管控技术支撑手段，通过继电保护技术监督、专项工作流程管控、改造/定检监督追踪、作业风险预警、缺陷智能诊断、设备状态自动评估及继电保护发展趋势预判等，实现涉网继电保护协同管控的线上化、流程化、智能化和平台化，有效提高涉网继电保护运行管理水平。

当前，国家电网公司并网电厂继电保护专业管理主要依托调度管理系统（OMS）、继电保护统计分析与运维管理系统开展基础的台账和定值单流转管理工作，对于调度侧涉网继电保护的专业管理支撑相对单一。在国家大力推动构建新型电力系统的背景下，新能源场站大量并网，在调度侧加强涉网继电保护管理，保障大电网安全稳定运行，需要通过新的模式和手段支撑各项管理措施的落地和装置的有效管理。

为此，通过技术手段保障涉网继电保护专业管理和设备管理的有效落地，构建基于实物ID的继电保护厂网协同智能管控技术手段，以继电保护装置实物ID为索引和纽带，全面融合涉网继电保护多维数据，以信息感知、分析评价、业务管控支撑和智能化应用辅助为途径，统筹构建国际领先的厂网协同继电保护运行管控体系势在必行。

管理现状

厂网分家后，各统调电厂划归各发电集团，不再从属于电网公司，调度侧应用电网的调度运行管理系统（OMS）和统计分析系统，实现调度内部业务流转；电厂侧所属发电集团不同，也有各自的生产管理系统，而双方系统各自孤立，导致调度侧对电厂开展的很多专业管理工作流程不能在线流转，交互存在很大的盲区。目前调度与并网电厂、新能源场站的工作协调都是零散的，后两者与调度的业务协同和数据交互大多通过线下会议、电话、微信和邮件等形式开展，信息交互不规范，涉及电网数据安全问题，工作流转过程无法留痕，流程审批过程无法监控，历史信息无处查询，给电网安全运行带来很多隐患，也使得并网电厂的专业管理存在很多漏洞。例如：定值单版本错误；电厂侧保护改造了而电网不知情；电厂侧出现故障，电网侧无法查阅设备软件版本等。

同时，涉网继电保护的运行管理以人工为主，管理手段数字化程度低，归档清单难以落实到位，基础数据准确度低，无法做到由现场作业过程中沉淀运行管理数据，继电保护装置专项工作繁多，比如：保护改造、反措执行管理等依靠传统作业手段，依靠人力为主统计作业成果，无法开展数据分析形成有效管控手段，继电保护装置的业务流程管理缺少智能化手段来代替传统人工重复的作业，导致专业人员沉陷于繁杂的流程梳理和查缺补漏的管理工作中，不能很好地支撑专业管理和日常运维工作。

业务分析

国家电网公司各级调度调管范围内的并网电厂、新能源场站数量众多，情况不一，对于调度继电保护专业管理压力大。当前厂网继电保护运行管理存在如下问题：

1）并网电厂、新能源场站与调度之间的信息交互手段相对落后，涉网继电保护装置基础信息、定值单、图档、检修计划、故障报告和事故分析报告等都是通过外网邮件方式传递，图样备案情况不及时、不准确，提交的图样与现场实际不符，同时调度对电厂上报的信息依靠手动归档，无法充分挖掘其中的数据价值。

2）保护改造、反措执行及定值单执行等专项工作流程化缺乏管控，调度保护人员无法全面跟踪和监督，造成专项工作的安全措施、启动方案、反措情况和定值单执行不满足要求及执行不到位等问题，为涉网保护安全运行埋下隐患。

3）涉网保护定检、超期服役、改造过程监督、缺陷分析、装置状态评估和人员变动等技术监督依靠人工开展，标准不高、要求不严，并且存在超期服役风险，缺少可靠的技术手段对超期服役风险进行评估，多个维度缺少质量监测，缺少闭环，对各电厂缺乏技术指导与监督。

4）厂网分家后，电厂继电保护专业能力水平与电网差距越来越大，尤其是新型电力系统背景下新能源场站大量并网，日常作业存在安全漏洞，“两票三制”制度的落实及作业安全措施执行存在危险点，继电保护健康水平参差不齐，部分单位缺陷记录无法及时更新，缺陷处理缺乏经验。

针对并网电厂、新能源场站涉网继电保护的运行管理，对国家电网公司调度来说，继电保护装置在电厂侧现场，调度专业管理部门在远端行使专业管理和设备管理职责，如何保障涉网继电保护装置交互共享至调度的数据准确、完整并与现场一致，成为涉网继电保护各种要求可靠落地和有效管理的关键要素，为此提出基于实物ID的继电保护厂网协同智能管控技术，为涉网继电保护装置赋予唯一性身份识别码，电厂侧基于实物ID开展涉网继电保护的基础台账维护、图档资料管理、保护改造作业、反措执行、装置检验、定值单执行和核对、缺陷记录、缺陷处置和日常巡视等作业。电厂侧在对涉网继电保护基于实物ID开展作业过程中将保护运行管理数据进行自动沉淀和积累，无缝同步至调度侧，为调度侧提供准确、完整并与现场一致的活数据、全数据。彻底打破传统管理系统强制人工录入的模式，解决数据造假、不准确的问题，为继电保护厂网协同管控和高级应用奠定坚实基础。继电保护实物ID如图1所示。

图1　继电保护实物ID

技术方案

应用“大云物移”“人工智能”新技术，构建基于实物ID的继电保护厂网协同智能管控应用，以实物ID为索引，全面融合涉网继电保护多维数据，以信息感知、分析评价、业务管控支撑和智能化应用辅助为途径，统筹构建国际领先的厂网协同继电保护运行管理体系，通过汇总多项业务数据，建设厂网协同的继电保护设备台账管理、图档资料管理、保护改造管理监督及反措管理跟踪应用功能，实现涉网继电保护基础信息交互线上化和专项工作流程化、技术监督智能化和专业赋能平台化，支撑涉网继电保护专业管理和设备管理，夯实电网安全稳定运行基础，支撑大电网安全稳定运行。

1. 整体架构（如图2所示）

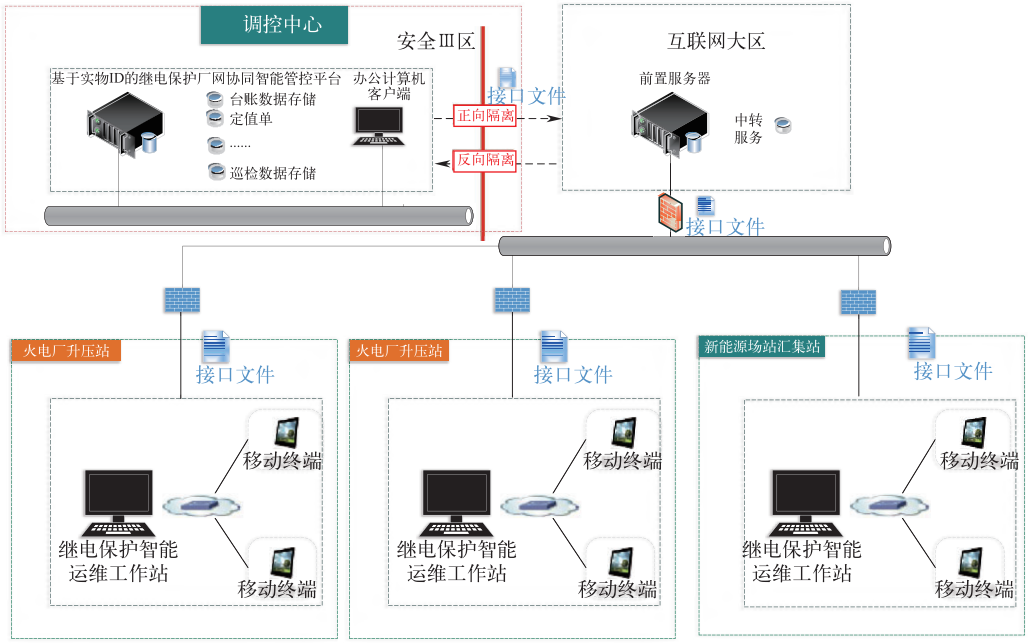

图2　整体架构

2. 信息交互线上化

（1）基础信息交互线上化

基于实物ID实现涉网继电保护装置信息交互的线上化，并且以实物ID为纽带，在支撑电厂侧继电保护人员开展台账维护及核查、资料查阅、反措执行、装置检验、缺陷记录、消缺作业和专业巡视的同时，将数据自动关联实物ID并沉淀积累，自动同步至电网调度侧，实现以设备为纲的专业管理和设备管理融合落地。构建设备全信息管理数字化，涉网保护设备基础信息源端维护、线上提报和统一管理，同时为调度侧各个涉网系统提供准确、完整且与现场一致的数据源，实现信息的共享。

（2）技术资料交互线上化

同时构建技术资料管理数字化，继电保护图样、定值单和检验记录信息资料通过统一的数据平台提交，保证信息的完整性和及时性，完成数字化和结构化保存，搭载版本管理及差异比对智能防误工具，对电厂提交的技术资料，自动调用平台搭载的智能比对防误工具，识别不同版本定值单、图样的变更内容，实现不同版本差异的智能化识别。为了形成智能管控模式，构建涉网继电保护信息数据图谱，对继电保护装置进行数据图谱画像；构建完整的设备信息图谱，对缺失或缺少的、互相之间不一致的问题自动扫描识别，为电厂运维单位完善信息提供依据。

3. 专项工作流程化

对于继电保护改造、反措执行等专项工作，通过智能化流程形成闭环管控。

（1）保护改造专项工作流程化

构建向导式保护改造专项工作流程，以向导式方式指导各并网电厂、新能源汇集站开展保护改造的流程管理和作业，同时支撑调度管理人员了解、监督、管理保护改造工作。保护改造从工作计划、停电方案、安全措施和启动方案等环节通过统一的线上流程运转，实现保护改造工作流程规范化，保证过程管控和信息留痕。

在保护改造过程中，以涉网继电保护改造为管控基础主线，并网电厂、新能源汇集站基于与调度协同的基础台账提交保护改造范围、相关图档资料、停电方案和启动方案等内容，支持调度单位进行审核并备注审核意见，支撑调度单位在关键环节、重要节点对保护改造进行把控和监督。同时通过技术手段，在保护改造发起时圈定保护改造范围，在保护改造流程化管控的最后节点变更改造涉及的涉网继电保护基础台账，实现改造任务结束、台账同步变更，同时实现保护改造的闭环管控、账

实一致。

支持调度单位统一管理并网电厂、新能源汇集站的保护改造任务，支持通过任务查看和跟踪每一个厂站保护改造的当前进度节点和改造开展情况，实现保护改造的流程跟踪和监督管理。

（2）反措专项工作流程化

将反措从方案生成到执行和反馈的全流程形成闭环管理和跟踪，构建反措任务生成、反措过程跟踪和反措结果管理等，并提供反措资料查询、检索和查看等功能。

由调度单位发起反措任务并下发反措要求，基于反措涉及的生产厂家、装置型号等信息自动遍历继电保护台账，生成反措范围。反措任务发布后，支持调度单位跟踪、监督和管理反措任务执行进展，支持反措任务状态查看。反措闭环管理流程如图3所示。

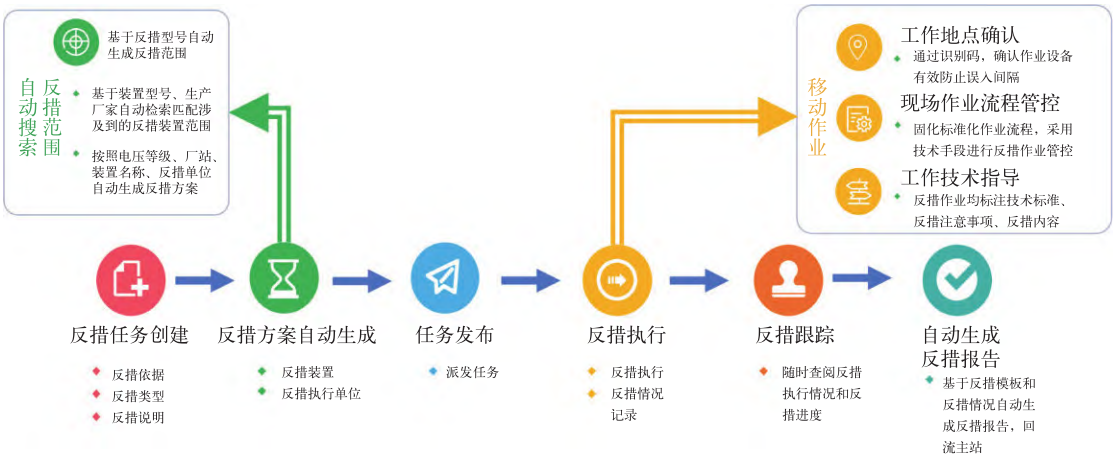

图3　反措闭环管理流程

1）反措方案生成。反措方案生成采用人工智能识别技术，从国调、网调和省调下发的反措文件（pdf或word格式）中自动识别提取反措涉及的设备型号、名称等信息，并自动遍历设备台账信息，执行反措涉及的设备型号、数量和隶属等信息，智能生成反措范围，实现反措方案自动生成、反措无遗漏，并从反措任务制定开始以装置为主线开展。

为保障反措涉及的型号识别准确度高，构建由装置型号组成的基准匹配库，同时支持人工基于涉网保护信息和运行年限，形成反措方案，并支持按照涉网保护装置所属厂站智能推送反措任务。

2）反措任务执行。将与基础设备台账关联的反措任务智能推送至目标并网电厂和新能源场站，继电保护运维检修人员通过移动应用接收反措任务。在现场开展反措时，通过扫描涉网保护实物ID，开展反措情况记录并采集佐证图片，实现反措执行到位的全景记录，并将反措任务完结，有效保障反措的执行落实到位，实现反措从生成至执行和反馈的全流程闭环管控。

3）反措执行跟踪。结合涉网继电保护基础信息，实现对涉网保护反措工作具体执行情况的全面跟踪记录和管理，自动形成反措执行报告。反措结果与设备台账、设备全生命周期管理自动关联，调度继电保护专业管理人员可以随时查阅跟踪各个厂站继电保护反措执行进度，实现反措的智能化管理和进度的全面跟踪。

4. 技术监督智能化

（1）设备定检管理及评估

目前，涉网继电保护装置到期应检、超期未检情况由人工统计，工作量大、准确性不高。涉网继电保护装置检验管理基于装置基础台账，从基础台账中提取每个装置的投运日期，并结合涉网继电保护装置首检、部检和全检的检验规则，自动生成从当前年份开始往后的装置检验范围、检验时间和检验类型，形成检验计划标准库，与各并网电厂、新能源场站提报的年度设备定检计划与设备应检列表进行对比分析，对不一致情况给出预警或告警，智能监督各个并网电厂、新能源场站的定检漏报和误报情况；对于超期未检的涉网保护进行智能甄别和告警，自动形成超期未检涉网保护清单。设备定检

管理流程如图4所示。

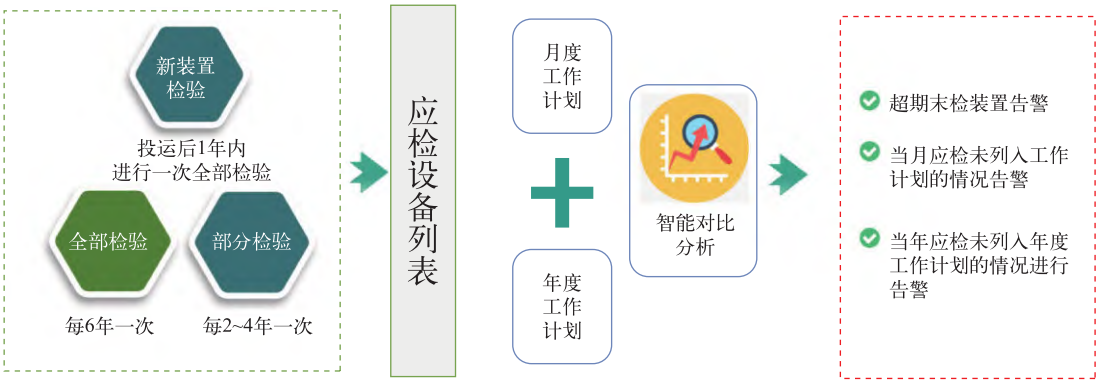

图4　设备定检管理流程

对于涉网继电保护装置超期未检验的，支持自动告警并标识特殊颜色，将超期未检验的排在前面，同时将超期未检验的装置延续列入下一个月的检验计划中，直至用户检验完成。

涉网继电保护装置定检计划自动生成的计算规则如下：

1）从投运日期起计算，按照首次检验周期为1年时间，自动计算出装置下次检验时间，装置下次校验类型为首次检验。

2）从投运日期起计算，在投运日期以后超过一年且在4年周期时间内，自动计算出下次检验时间，装置下次校验类型为部分检验。

3）从投运日期起计算，在投运日期以后超过4年且在6年时间内，装置下次校验类型为全部检验。

4）从投运日期起计算，6年全部检验一轮后，再加4年的周期，自动计算出下次检验时间，装置下次检验类型为部分检验。

5）从投运日期起计算，6年全部检验一轮后，再加6年的周期，自动计算出下次全部检验时间，装置下次检验类型为全部检验。

如此循环自动计算。

（2）超期服役管理及监督

支持基于各并网电厂、新能源汇集站提报的装置投运日期自动计算生成超期12年及以上、超期15年及以上的涉网继电保护装置清单，辅助专业管理人员开展涉网继电保护超期服役改造监督。同时，基于涉网超期服役的继电保护运行情况，结合收集的涉网继电保护多维运行数据开展状态评估，将涉网继电保护改造12年、15年一刀切的情况转变为基于状态评估的优先顺序改造模式，已经超期并且运行状态不佳的优先进入改造名单，在人力、物力和财力有限的情况，辅助决策改造优先级。超期服役管理及监督如图5所示。

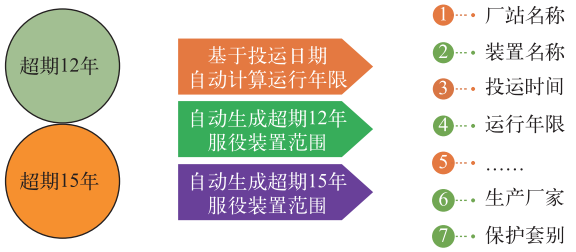

图5　超期服役管理及监督

（3）设备改造工作监督

对设备技术改造可研、停电计划、安全措施、启动方案和技术审查等进行关联分析，对各并网电厂、新能源场站设备改造计划的合理性进行评估，同时给继电保护专业人员智能化推送相关信息，辅助专业人员对电厂设备改造工作进行监督并给出建议。

5. 专业赋能平台化

（1）家族性缺陷预警及处置指导

基于大数据分析技术，对各电厂提报的装置缺陷进行分析，按照家族性缺陷判定方法，将缺陷认定为家族性缺陷后，通过缺陷装置的型号和生产厂家自动圈定相同型号和生产厂家的装置所在厂站，给这些厂站智能推送预警信息和处置建议，指导各个电厂进行家族性缺陷的预警和处置，如图6所示。

（2）作业风险预警

根据反措、标准化作业、全网事故通报和各电厂信息共享等，收集不同设备类型、不同现场环境的现场作业风险点，支持作业风险预警库管理功能，支持新增、修改和删除作业风险预警信息，形成滚动优化的涉网继电保护作业风险预警库，如图7所示。

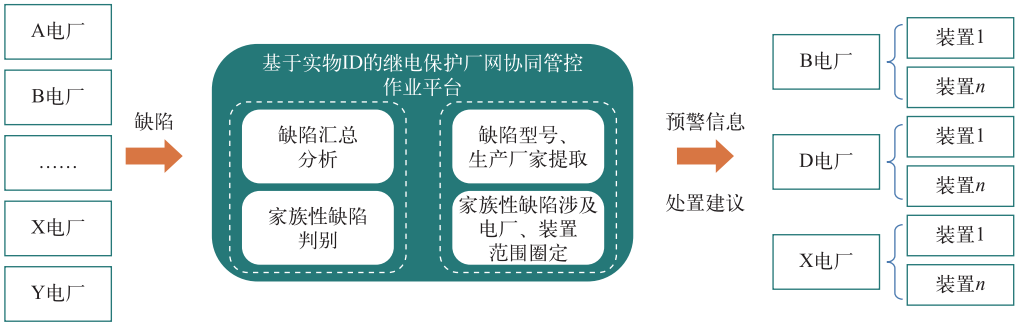

图6　缺陷预警及处置指导

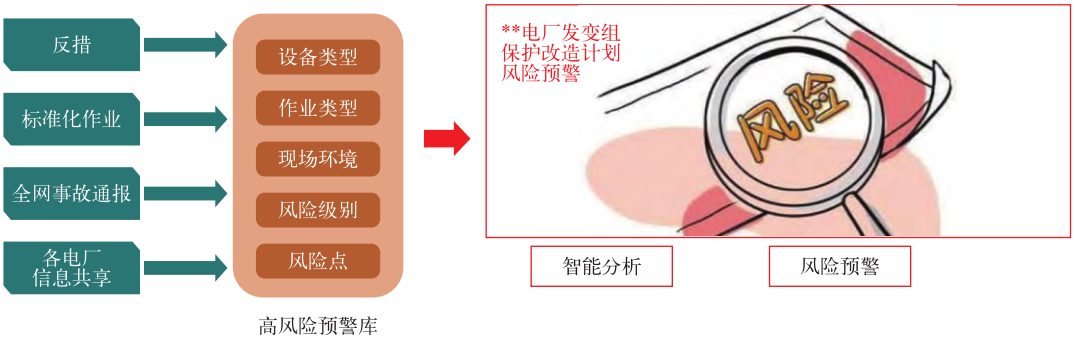

图7　作业风险预警

支持风险方向配置、作业类型配置，支持作业类型关联业务功能模块，支持对各并网电厂、新能源汇集站现场作业等信息进行智能分析，通过匹配算法实现并网电厂、新能源汇集站各种作业风险的智能推送和提示预警，消除作业安全隐患。

应用案例

通过对国网公司华东并网电厂、新能源场站涉网继电保护的协同智能管控和应用实践，将并网电厂涉网继电保护纳入调度统一管理，建设继电保护技术监督、专项工作流程管控、改造/定检监督追踪、作业风险/人员变动告警、设备状态自动评估、继电保护发展趋势预判等应用功能，对各涉网继电保护健康状态进行评估，从一定程度上反映了继电保护设备的运行健康状态，评价结果作为继电保护改造工作的参考依据，提高资产利用效率，进一步提升继电保护技改工作的精益化管理水平，实现了涉网继电保护的可控、能控和受控，夯实电网安全稳定基础。

结束语

本文针对国网公司调度管辖范围内并网电厂、新能源场站涉网继电保护运行管理，结合当前专业管理和设备管理的现状问题，研究实践基于实物ID的继电保护厂网协同智能管控应用，通过信息交互线上化、专项工作流程化、技术监督智能化和专业赋能平台化，建立并网电厂继电保护全生命周期溯源管理和智能管控体系，通过统一平台实现每一台装置的协同把控和溯源管控，切实加强厂网继电保护协同管理水平，为大电网安全稳定运行提供有效的支撑手段。EA

（收稿日期：2022-07-13）

参考文献

[1]　窦小晶，薛钊，叶日新，等．10 kV分布式电源并网对配电网继电保护的影响分析[J]．智慧电力，2019，47(12)：117-122．

[4]　张勇．智能电网中继电保护装置隐性故障风险评估[J]．电气应用，2018，37(12)：32-36．