就地化保护工厂化调试

国网辽宁电科院　张武洋

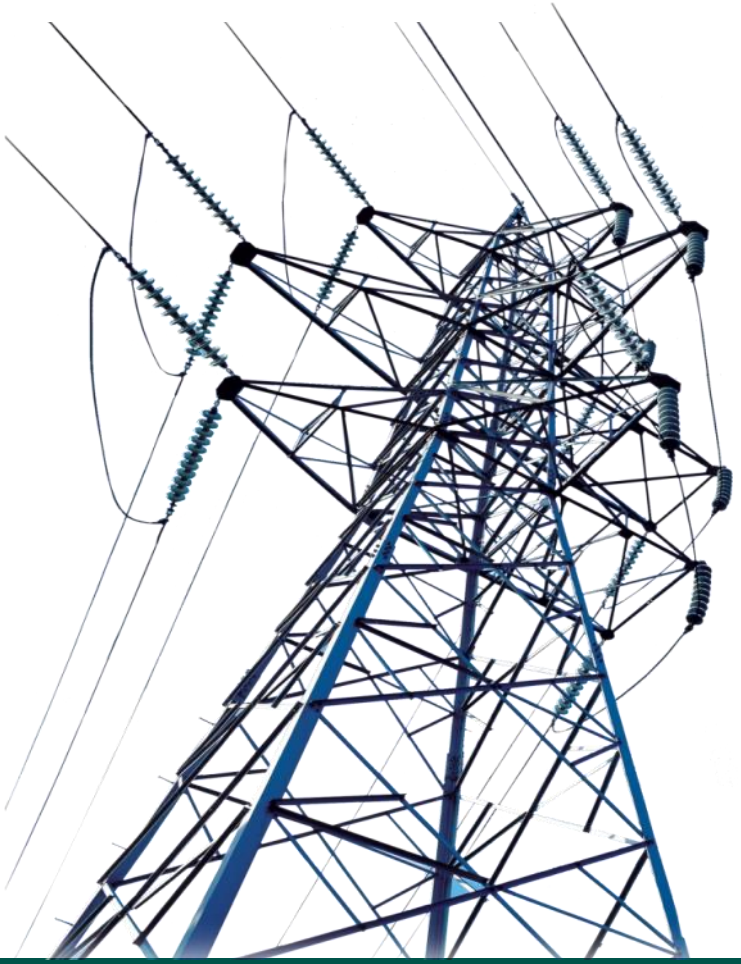
目 录

1 就地化保护发展概述

2 就地化保护检验模式

3 “工厂化调试” “更换式检修”

4 成效及展望



就地化保护发展的时代背景

智能变电站发展迅速，有力推动了继电保护技术创新，但也暴露出一些问题。智能变电站继电保护多种技术路线并存，技术原则不统一，甚至突破了继电保护“四性”基本原则，给电网运行带来诸多在风险，智能变电站继电保护技术亟待提升，具体表现为四个方面。

① 继电保护速动性降低；

② 继电保护可靠性降低；

③ 继电保护误动风险增加；

④ 现场运维困难。

就地化保护发展的时代背景

继电保护速动性降低：
国网公司大量220kV及以下变电站依然采用经合并单元采样、智能终端跳闸的过渡方案，增加了中间处理环节，导致快速保护动作时间延长了5~10ms，降低了继电保护的速动性。

继电保护可靠性降低：
据统计，2012~2016年智能变电站二次设备平均缺陷率比同期常规站高63%。采用一个合并单元同时接多套保护的方式，存在一个合并单元故障导致多套保护不正确动作或闭锁的风险，多起事故教训和家族性缺陷处理。

继电保护误动风险增加：
智能变电站SCD文件描述全站一二次设备的连接关系，一旦出错将直接影响继电保护动作的正确性。与保护无关的控制功能和通信参数变动都要对SCD文件进行修改，客观上增大了继电保护不正确动作的风险。

现场运维困难：
智能变电站以光缆、通信规约、软件模型代替常规二次回路，二次“虚回路”无法直观可见，检修间隔无明显断开点，彻底颠覆了传统二次作业模式，现场工作安全风险大、效率低，给改扩建带来停电范围扩大，甚至要全站停电等一系列难题。

工作开展情况

在浙江湖州220kV金钉变挂网试运行，为就地化保护技术路线提供了有力的实践探索，积累了大量运行经验。

在黑龙江漠河进行了零下40度极端低温条件下的现场试验，在新疆吐鲁番进行50度极端高温条件下的现场试验，验证了恶劣环境下就地化保护的技术性能和动作可靠性。开展了220kV、110kV线路、母线、变压器就地化保护专业检测工作。

2010年

提出保护装置宜采取独立分散、就地安装的技术思路。

2013年

2016年

就地化线路保护技术标准编制、220kV就地化线路保护装置及管理单元的专业检测，选取严寒、高温、高海拔、盐雾等7个具有代表性的地区开展挂网试运行工作。

2017年

2018年

就地化保护技术标准确立、运维检修体系构建、扩大挂网试运行、集中式变压器保护探索等工作，推进就地化保护发展。

工作开展情况

首批试点

2016年挂网试运行

7个省级电力公司

扩大挂网试运行

2018年扩大挂网试运行

500kV及以上：8个省电力公司

220kV：24个省（自治区、直辖市）

110kV（66kV）：27个省（自治区、直辖市）

技术特点对比

（一）装置性能

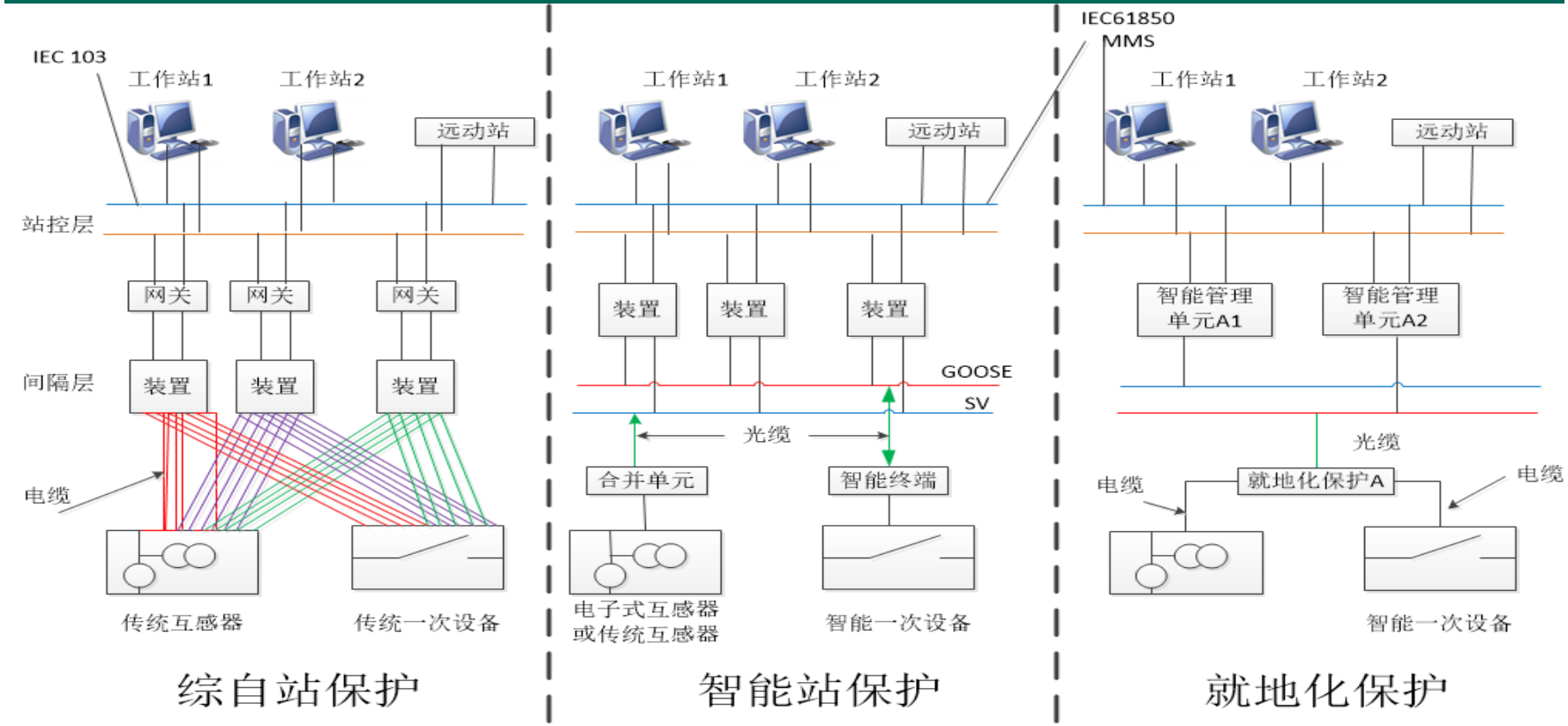
	智能站保护	就地化保护
运行环境	环境温度：-10~+55℃； 相对湿度：5%~95%； 大气压力：80~106kPa	环境温度：-40~+70℃； 相对湿度：0%~100%; 大气压力：海拔4000米及以下
外壳防护等级	IP52	IP67
装置接口	光纤数字接口	预制光（电）缆
液晶	有	无（智能管理单元显示和操作）

技术特点对比

（二）运行架构

	智能站保护	就地化保护
布置方式	保护小室布置	临近一次设备就地安装（取消合并单元和智能终端）
模拟量回路	电缆、光纤	电缆直接采样
开关量回路	电缆、光纤	电缆为主
网络通信	保护装置接入站控层网络/IEC61850	保护装置接入智能管理单元及站控层网络（三网合一）/IEC61850

技术特点对比


IEC 103
工作站1
工作站2
远动站
站控层
网关
网关
网关
间隔层
装置
装置
装置
电缆
传统互感器
传统一次设备
综自站保护
工作站1
工作站2
远动站
装置
装置
装置
GOOSE
SV
光缆
合并单元
智能终端
电子式互感器
或传统互感器
智能一次设备
智能站保护
IEC61850
MMS
工作站1
工作站2
远动站
智能管理
单元A1
智能管理
单元A2
光缆
电缆
就地化保护A
电缆
智能一次设备
就地化保护

技术特点对比

以典型220kV变电站为例

设计建设

- 屏柜数量：减少59面，降幅达60%以上
- 建筑面积：缩减43m^2，降幅近50%
- 光缆使用：减少11.6km，降幅近60%

安装调试

- 安装时间：缩短至1周，降幅约65%
- 调试时间：缩短至1周，降幅约75%

运维检修

- 设备检修：装置寿命周期内的停电时间由132小时缩短至2.5小时
- 故障抢修：消缺由26.88小时缩短至1小时
- 通过防误设计，大幅提高工作安全性

当前保护专业运维检修工作面临的主要问题

01 作业压力大、现场工作繁重，运维检修模式不能适应精益化标准的要求，安全运行风险大。

02 智能站集成联调仅选取典型间隔联调，造成现场施工调试周期长，配置文件变更频繁。

03 智能站异常处理或检修作业时，安措布置复杂、防控手段不足，影响设备安全可靠运行。

04 智能站改(扩)建时，需相关运行设备配合停电，影响范围大，供电可靠性下降。

就地化保护对运维检修工作提出的新要求

工厂化调试

1）工厂化调试的工作目标、场所设置，应包括的待测二次设备范围。
2）工厂化调试场所应该具备的软、硬件条件。
3）工厂化调试流程、职责定位及相关二次设备与文件资料的交接方案。
4）工厂化调试项目及现场调试、验收项目。

运行维护

1）就地化保护开展巡视、巡检的基本原则。
2）运维人员与专业检修人员的职责界面分工。
3）就地化保护、智能管理单元及二次回路的运维操作原则、方法。
4）现场异常处置与安全措施布置的主要策略。
5）就地化保护运维主站和备份文件管控的要求及技术手段。

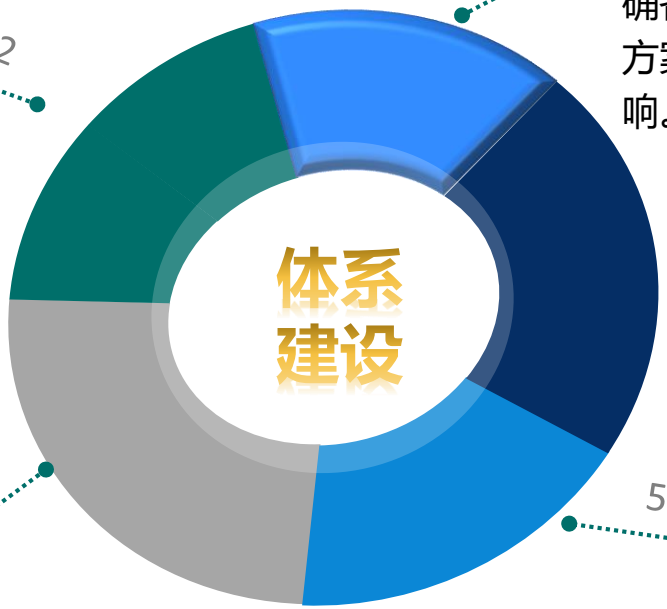
更换式检修

1）更换式检修应遵循的原则，专用场所设置、功能定位及应具备的软、硬件条件。
2）更换式检修中心的测试流程、测试项目与提交的报告。
3）就地化保护及相关设备更换时，现场验收检验项目。
4）程序升级、配置文件变更、定值修改等现场作业方案与安全风险管控。
5）被更换设备的后续处理方式。

就地化保护运维检修体系需要解决的问题

依托工厂化调试中心开展全站就地化保护装置及相关辅助设备的单体检验、系统集成联调测试，缩短现场安装调试周期，避免配置文件的频繁变更。

依托测试中心开展更换式检修，减轻现场作业压力，提高检修效率，降低电网安全运行风险。



结合就地化继电保护自身特点，明确各类异常的处理方法和安措布置方案，确保不会对运行设备产生影响。

采取有效措施对就地化保护的备份文件实施在线管控，保证现场运行设备的备份文件与测试中心的备份文件一致性。

通过对保护运行数据分析和量化评估，实现有针对性的辅助检修决策，避免盲目检修和过度检修。

就地化保护运维检修体系建设目标

建设目标

充分发挥就地化继电保护技术特点，利用先进适用性技术，以***“工厂化调试”与“更换式检修”***为核心，面向调试验收、检修试验、巡视巡检、异常处理、安措布置、文件管控等重要专业工作，构建就地化继电保护全寿命周期的完整、实用、安全、高效的运维检修体系，科学指导就地化继电保护运维检修工作，大幅提升运维检修工作效率与智能化水平，保障就地化继电保护安全可靠运行。

就地化保护运维检修新概念

新概念

1-工厂化调试：

搭建仿真测试环境，完成系统组态配置，开展就地化保护各组成部分的单体检验和全站就地化保护整体功能联调检验，出具测试合格报告。

2-更换式检修：

就地化保护自身出现无法恢复至正常运行状态的严重故障或经鉴定存在严重硬件缺陷时，使用检验合格的备品替换故障设备，经现场验收投入运行，并跟踪设备故障原因和处理结果。

就地化保护运维检修新概念

新概念

3-就地化继电保护专用检验平台：

模拟现场运行环境，通过连接器与就地化继电保护装置进行连接，自动完成功能测试并生成测试报告。

4-就地化继电保护运维主站：

安装在更换式检修中心，在线获取就地化保护装置备份文件、版本信息、运行状态、通信状态与智能管理单元的备份文件、CPU及内存使用率等，实现对就地化继电保护的在线监视、智能诊断、故障分析与文件管理。

“工厂化调试” 就地化保护一体化测试平台

硬件方面：

1）RTDS；

2）采用预制航插接头减少测试接线工作量；

3）模块化组件方式，动态组合适应不同检修内容与平台改扩建需求。

软件方面：

1）一键完成保护单体所有功能测试并自动出具报告；

2）外接对时信号，通过不同IP同时控制多测试终端同步输出，实现整组联调。

就地化保护运维检修体系总体原则

1、基建工程的就地化继电保护应开展工厂化调试，调试应包括全站就地化继电保护单体检验和就地化继电保护整体功能的联调检验，验证模型文件、配置文件、工程实例文件的正确性，比对装置的专业检测合格信息，并提交工厂化调试报告 。

2、就地化继电保护装置、智能管理单元、就地化保护专网设备、就地化操作箱、连接器及预制缆均采用更换式检修方式。

3、更换式检修中心应综合考虑运维范围、区域地理特点等因素建设，设置专职检验人员，建立完善的管理和检验流程，并根据运维范围内设备类型和数量，储备必要的备品，备品应视同运行设备保证其可用性；应具备开展就地化继电保护系统检验工作的环境，包括就地化继电保护专用测试平台、智能管理单元、就地化继电保护运维主站、交直流一体化电源及相关仪器仪表等设备；模拟就地化继电保护的运行环境，完成就地化继电保护功能检验，出具检验合格报告及配置文件；就地化继电保护运维主站具备就地化继电保护备份文件管理、运行监视、智能诊断、检修策略分析、专家辅助决策及高级应用功能。

就地化保护运维检修体系总体原则

4、就地化继电保护装置或连接器现场调试验收工作完成后，由验收人员安装连接器的铅封。就地化继电保护装置或连接器需要更换时，由作业人员拆除铅封。

5、就地化继电保护装置程序升级、配置文件变更、一次设备检修（更换）、回路变更所进行的检验，应由运维检修单位根据其影响范围，确定其检验模式和项目。

6、就地化继电保护装置更换后，应进行断路器传动试验。

7、运行中定值修改可在不退出就地化继电保护装置的情况下，采用定值区切换的方式进行。

8、就地化继电保护备份文件应遵循以下原则：就地化继电保护装置新安装投运、配置文件变更、定值修改后应对就地化继电保护装置进行“一键式备份”，严禁进行“一键式下装”操作；智能管理单元新安装投运、配置文件变更后应对智能管理单元进行备份；更换式检修中心召唤上述备份文件时，自动进行备份文件的一致性比对，保证更换式检修中心备份文件与现场备份文件一致；更换式检修中心对待更换的就地化继电保护装置的备份文件进行“一键式下装”和功能检验，严禁进行“一键式备份”操作。

就地化保护运维检修体系设计思路

四个阶段工作目标

1. **调试与验收**　以工厂化调试中心为核心，优化工程调试、验收项目与流程，缩减现场安装调试工期，避免配置文件频繁变更。
2. **运行维护**　明确运维人员与检修人员的职责分工，指导就地化继电保护运维操作原则以及现场异常处置与安措布置的主要策略。
3. **检修作业**　以更换式检修中心为核心，明确基本原则、检验内容、测试流程，减轻现场工作压力，提高检修作业效率。
4. **备份文件管控**　加强备份文件一致性的技术保障手段和运行管理措施，确保备份文件实时在控。

就地化保护运维检修体系设计思路

调试与验收

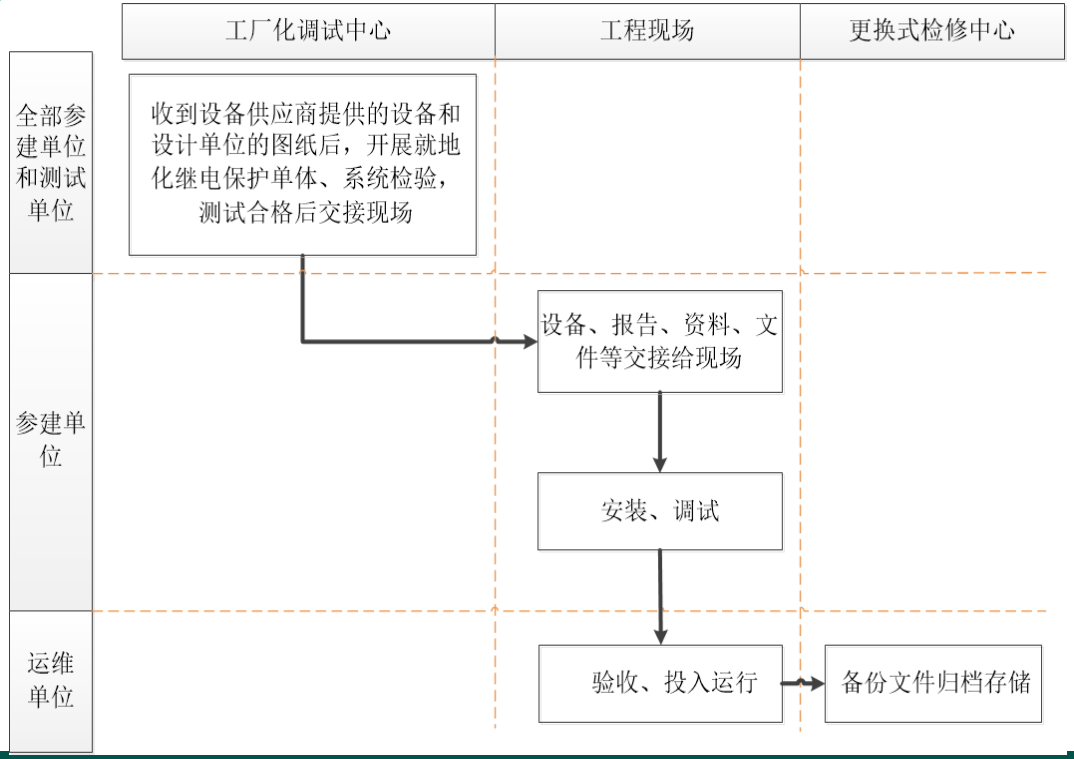
设计原则

1. 基建工程调试分为工厂化调试和现场调试两部分。
2. 工厂化调试中心可以省级电科院为主体建设。
3. 现场调试由调试单位组织实施。
4. 工厂化调试范围包括全站就地化保护装置、智能管理单元、专网设备及相关辅助设备。
5. 工厂化调试应确保上述设备单体功能和系统集成测试合格后，移交设备安装调试现场。
6. 现场调试与验收内容主要针对施工工艺、回路绝缘、采样及开入/开出、带开关整组传动、定值校核、与运维主站、后台通讯等方面的测试与检查。

就地化保护运维检修体系设计思路

设计原则

7 工厂化调试基本流程



8 验收分为工厂化调试验收与现场验收2部分，工厂化调试验收以资料性验收为主；现场验收由运维单位主导，可结合现场调试随工验收。

就地化保护运维检修体系设计思路

调试与验收

技术研究及配套标准

1）就地化保护仿真测试平台。

能够完成就地化保护单体功能的自动校验，完成全站就地化保护间的功能联调，并出具测试合格报告。还应满足改、扩建工程调试的需求。

2）预制光/电缆专用检验工具。

提高批量检验效率。

3）《就地化保护测试中心技术条件》

4）《就地化保护验收规范》

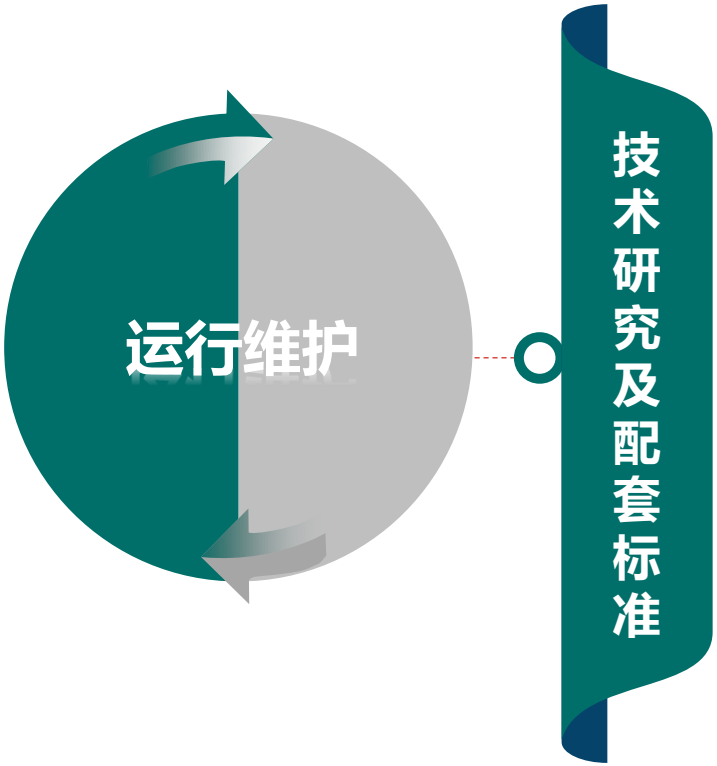
5）《就地化保护装置验收作业指导书》

就地化保护运维检修体系设计思路

设计原则

1. 明确继电保护与相关专业之间的职责分工界面；
2. 就地化保护应与一次设备的运行巡视同步开展，现场巡视区域包含就地化端子箱处和保护控制室内；
3. 应在智能管理单元进行权限设定，现场按照不同角色定位进行相应的操作；
4. 正常通过监控后台对就地化保护进行软压板投退、定值区切换、打印和指示灯复归等操作；
5. 运维主站定期对各智能管理单元及其管理的保护设备进行备份文件的召唤与比对。

就地化保护运维检修体系设计思路



智能运维主站技术

在就地化保护动作、告警、状态、巡视、巡检等数据来源基础上，围绕就地化保护的缺陷分级、影响范围及处理建议等因子，设计检修策略和专家辅助决策。

《就地化保护运行巡视、专业巡检作业指导书》

《就地化保护运维主站技术规范》

《就地化保护现场运行规程》

就地化保护运维检修体系设计思路

设计原则

1）就地化保护自身出现无法恢复至正常运行状态的严重故障或经鉴定存在严重硬件缺陷时，采用更换式检修方式使用检验合格的备品替换故障设备；

2）更换式检修中心以各运维单位为主体建设，对就地化保护装置备品进行备份文件一键式下装和功能检测；

3）新安装就地化保护投运、配置文件变更或定值修改后，应通过智能管理单元进行一键式备份；

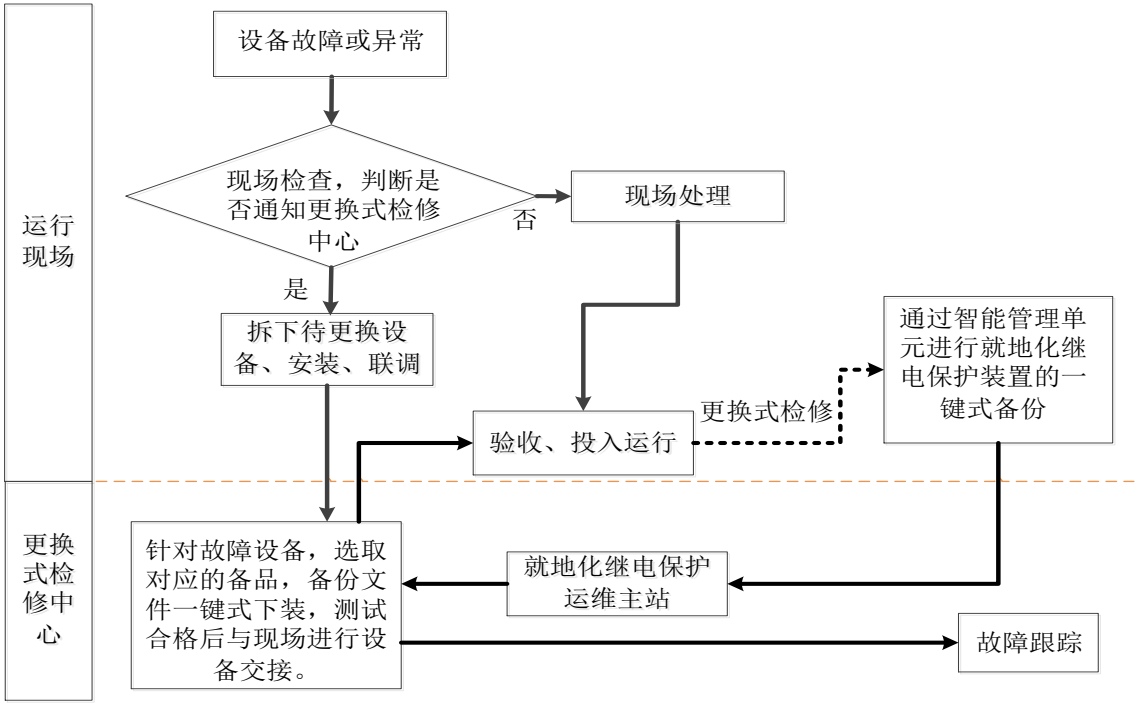
4）更换式检修中心移交给现场的待安装设备，检修压板应在投入状态；

5）保护装置程序升级、配置文件变更、一次设备更换、回路变更所进行的检验，由运维单位根据其影响范围，确定其检验项目。

就地化保护运维检修体系设计思路

设计原则

6）更换式检修基本流程：遵循“先检验、后更换”的原则。



就地化保护运维检修体系设计思路

技术研究及配套标准

就地化保护专用检验平台

基于运维主站备份文件与配置信息，能够模拟待更换设备的全部对外联络关系，完成就地化保护（含子机）、操作箱、智能管理单元、专网设备的配置自动下装与功能自动检验，并出具测试合格报告。

《就地化保护测试中心的技术条件》

《就地化保护检验规程》

《就地化保护异常处理指导手册》

《就地化保护检修安全措施指导手册》

就地化保护运维检修体系设计思路

备份文件管理

设计原则

1）工程调试阶段，利用文件校验比对工具，结合实际功能测试，确保配置文件的“正确性”；

2）工程验收阶段，利用文件解析工具，结合配置文件管控系统校核，确保实例化工程文件的“同源性”；

3）更换式检修中心利用运维主站对备份文件进行召唤和自动比对，确保备份文件的“一致性”；

4）备份文件只允许在更换式检修中心进行“一键式下装”，确保备份文件的“唯一性”；

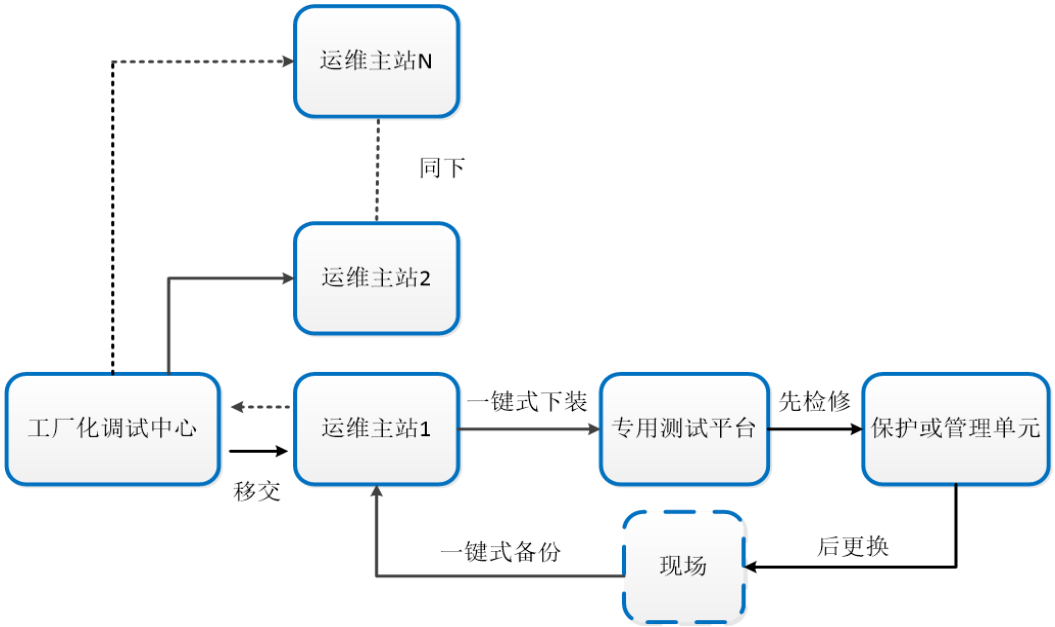
5）管控对象包括就地化保护备份文件和智能管理单元备份文件。

就地化保护运维检修体系设计思路

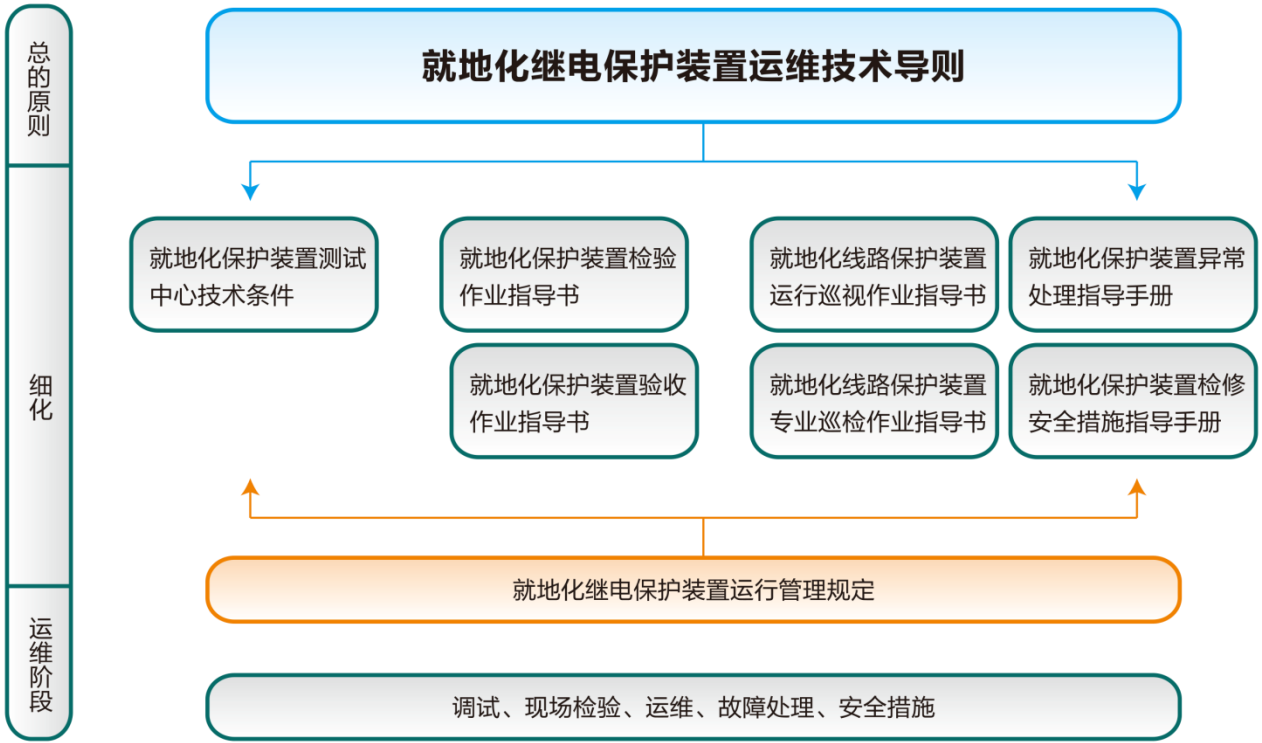
备份文件管理

管控方案研究

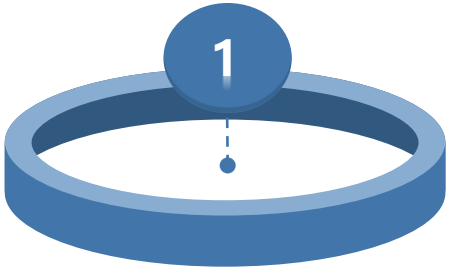
关键节点含：工厂化调试中心、更换式检修中心、现场和归口管理部门。



建设成效

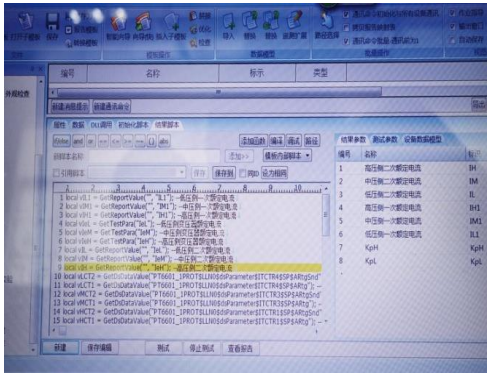

总的原则
细化
运维阶段
就地化继电保护装置运维技术导则
就地化保护装置测试中心技术条件
就地化保护装置检验作业指导书
就地化线路保护装置运行巡视作业指导书
就地化保护装置异常处理指导手册
就地化保护装置验收作业指导书
就地化线路保护装置专业巡检作业指导书
就地化保护装置检修安全措施指导手册
就地化继电保护装置运行管理规定
调试、现场检验、运维、故障处理、安全措施

建设成效



专用检验平台初具

完成专用检验平台的单体功能自动测试部分开发工作。通过测试平台实现对主变、母线、线路保护单体的自动配置及检验，并自动生成报告。



预制光缆自动测试工具

完成预制光缆自动测试样机研制。

展望

01 开展就地化保护专用测试技术研究

对就地化保护一体化仿真专用测试平台的集中控制技术、信息通信数据模拟技术进行深入研究，对接就地化保护测试中心建设，完善就地化保护运维检修技术手段。

02 建设就地化保护运维主站

建设就地化保护运维主站，充分发挥就地化保护自检性能强、信息规范、配置文件解耦、布置形态标准的技术优势，实现对就地化保护集中运行监视、数据分析、智能诊断和备份文件管理。

四、成效及展望

展望

03

开展文件免配置技术研究

基于标准化虚端子配置关系，研究针对单一庞大SCD文件的按业务、间隔精确解耦技术，实现单个设备独立配置，缩小、固化SCD文件修改影响范围，降低SCD文件配置难度和运行风险。

04

补充完善运维检修标准体系

完善《就地化继电保护测试中心技术条件》，开展《就地化继电保护检验规程》、《就地化继电保护运行规程》等配套规程规范的编制工作。

谢 谢！