“大兵团”协同下 10kV 环网箱零感知加装 DTU 不停电检修技术研究

王 洋 黄 凯 田 亮

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘 要：针对早期 10kV 环网箱缺乏配电自动化终端（DTU）导致无法实现故障自愈的问题，本文以某石油基地“零计划停电示范区”建设为背景，提出一套多班组协同、高低压发电车联合同期并网的零感知不停电检修工艺。系统阐述了项目负荷参数、组织架构、装备配置及标准化作业全流程，严格保留原始技术参数。通过“中压发电车干线转供 + 多台低压发电车分箱同期并网”的组合方案，实现了环网箱改造全过程中用户零断电。现场实践表明，该工艺风险可控，适用于老旧城区及工业集中区配网自动化改造，为同类不停电作业提供了成套标准化解决方案。

关键词：10kV 配电网；零感知检修；同期并网；多班组协同；DTU 加装

引言

随着新型电力系统建设的深入推进，配电网供电可靠性与自动化水平的要求持续提升。大量早期建设的环网箱未配置 DTU 装置，导致故障定位、隔离与非故障段自愈功能缺失。传统停电改造方式将导致工商业及居民用户长时间断电，难以满足高可靠性供电区的需求[1]。某石油基地作为重点民生区域，规划建设“零计划停电示范区”，要求 DTU 加装全过程实现用户无感知。现有单台发电车转供模式仅适配少量小容量负荷，而本次改造涉及的石油七线涵盖多台 400~1000kVA 配电变压器，负荷分散且容量跨度大，单一转供设备无法实现全覆盖。为此，本文创新采用“大兵团”多专业联合作业模式，配置 1 台中压发电车承担干线负荷，多台低压发电车分区同期并网，构建高低压双层负荷转供体系。文章完整呈现 2#、3#、4# 三座环网箱的标准化作业方案，所有设备容量、负荷数据、绝缘阈值及操作时序均保持原始参数，系统阐述不停电检修的关键技术与安全管控体系。

1 项目概况与基础参数

1.1 工程背景

10kV 石油七线 2#、3#、4# 三座环网箱目前未配备 DTU，不具备配网自动化所需的遥信、遥测、遥控功能。为落实“不停电就是最好服务”的运维理念，推动石油基地零计划停电示范区建设，决定采用高低压发电车同期并网的“零感知”工艺，分三次独立完成上述三座环网箱 DTU 的拆除、安装与调试全流程作业。

1.2 编制依据

本项目严格遵循以下标准规范：GB/T18857《配电线路带电作业技术导则》、Q/GDW10520《10kV 配网不停电作业规范》、《10 千伏及以下配电网带电作业规划导则》、国家电网〔2004〕503 号《现场标准化作业指导书编制导则》以及《国家电网有限公司电力安全工作规程（配电部分）》[2]。

1.3 各环网箱负荷与电源接入原始参数

1.3.1 2# 环网箱负荷配置

2# 环网箱下接两台主要箱变：3 号十八区物探箱变（2×1000kVA，3 月最大负荷 61kW，4 月最大负荷 76kW）配套 1 号低压发电车，备用空开规格 200A；1 号宝石花物业箱变（630kVA，3 月最大负荷 70kW，4 月最大负荷 119kW）配套 2 号低压发电车，备用空开规格 630A。十八区箱变由 10kV 石油六线跨线路转带，无需低压发电车兜底。

表 1：2# 环网箱负荷配置

出线箱变名称	箱变容量	**3** 月最大负荷/**kW**	**4** 月最大负荷/**kW**	配套低压发电车配置	备用空开规格
3 号十八区物探箱变	2×1000kVA	61	76	1 号低压发电车	200A
1 号宝石花物业箱变	630kVA	70	119	2 号低压发电车	630A

1.3.2 3# 环网箱负荷配置

3# 环网箱负荷涵盖五台箱变：18 号七区 5 号箱变（400kVA，负荷 46/49kW）配 1 号低压发电车（400A）；7 号八区 2 号箱变（630kVA，负荷 117/47kW）配 2 号低压发电车（400A）；8 号八区 1 号箱变（630kVA，负荷 75/66kW）配 3 号低压发电车（400A）；9 号七区 1 号箱变（630kVA，负荷 50/63kW）配 1 号低压发电车（250A，经 F03 分接箱接入）；10 号七区 2 号箱变（630kVA，负荷 255/300kW）配 4 号低压发电车（630A）[3]。七区 19 号箱变（400kVA）由低压备自投装置兜底。

1.3.3 4# 环网箱负荷配置

4# 环网箱涉及三台箱变：11 号八区 3 号箱变（1000kVA，负荷 110/120kW）配 1 号低压发电车（160A）；12 号七区 4 号箱变（630kVA，负荷 85/78kW）配 2 号低压发电车（400A）；13 号七区 3 号箱变（630kVA，负荷 77/66kW）配 3 号低压发电车（400A）。

2 “大兵团”组织架构与人员分工

项目设总协调人 1 名（王洋），作为现场第一责任人，统筹全流程组织、安全监护、违章制止及进度汇报。下设三个专业作业组，人员配置固定：（1）低压带电组：负责人黄凯，成员黄霄、漆建毅、韩志超、陈胜杰、宁磊涛，专责监护人田亮。负责高低压柔性电缆敷设、低压同期并网搭接与拆除。（2）运行操作组：负责人王岩，成员刘明飞、王永强、史千万、广泽瑞。负责环网箱及箱变倒闸操作、发电车启动、并列与解列全过程。（3）检修组：负责人分阶段为杨旭（2、4# 环网箱）和李连生（3 环网箱），成员蔺辉、田宇、许荣涛、李志宁、赵宗清。负责环网箱 DTU 拆装及柜体检修。安全管控由安监人员张志春负责，一级到岗到位人员刘骥（带电作业技术专责）负责安全措施核查、高风险管控、技术交底监督、现场反违章及技术问题协调。

3 成套装备与材料技术参数

3.1 车辆装备

中压发电车 1 台（徐州海伦哲），用于 2# 、3# 作业配置，4# 作业无需中压发电车。低压发电车配置：2# 作业 2 台、3# 作业 4 台、4# 作业 3 台，全部配套成套低压柔性电缆。

3.2 个人安全防护用具

包括 10kV 绝缘安全帽 3 顶、低压防护手套 3 双、防电弧服 2 套、护目镜 2 副、普通安全帽 18 顶及成套个人工具 1 套。

3.3 绝缘遮蔽及工具

配备绝缘毯 9 块、绝缘毯夹 20 套、成套绝缘手工工具及汇流线夹。

3.4 检测仪器仪表

含 0.4kV 低压验电器 1 支、2500V 绝缘电阻检测仪 1 台、温湿度风速仪 1 台、万用表 1 块、放电棒及低压核相仪各 1 套。

3.5 施工材料

包括 4×150 铜质低压电缆 400m、电缆终端 20 套、电缆防护槽盒、3M 绝缘胶带（黄绿红黑各 3 盘）。

3.6 现场标准化物料

防潮苫布、清洁布、安全围栏、全套警示标示（含“从此进出”“在此工作”“禁止合闸”“止步高压危险”等）、路障及干燥棉手套等。

3.7 绝缘检测硬性参数

低压柔性电缆绝缘电阻须≥ 500MΩ；全部绝缘工器具表面绝缘电阻须≥ 700MΩ。绝缘检测采用 2cm 极宽、2cm 极间距电极，点测方式，禁止滑动刮伤绝缘层。

4 “大兵团”零感知标准化作业工艺流程

整套作业统一划分为五大核心阶段：高低压并网负荷转供 → 环网箱冷备用隔离 →DTU 拆装检修调试 → 设备复电反并网 → 现场验收终结。针对 2#、3#、4# 三座环网箱分别制定差异化流程，核心操作时序、间隔状态及并网逻辑严格保留原始方案参数。

4.1 2# 环网箱作业流程（含中压干线转供）

高压负荷前置转供阶段，将 4# 十八区三台箱变负荷由 10kV 石油六线跨线路转带，在 4# 环网箱 1015/1016 备用间隔接入中压发电车市电及出线电缆，完成中压同期并网，由中压发电车承担 3#、4# 环网干线负荷。随后实施多台低压发电车分台区同期并网，分别对物探箱变和宝石花物业箱变完成市电核相与同期合闸，断开箱变总开关，由发电车独立带全部低压负荷，并悬挂“禁止合闸”标示[4]。之后将 2# 环网全部间隔转为冷备用，相关上游环网及箱变间隔转为检修状态，进线电缆挂接接地线。环网箱停电后实施 DTU 拆装与调试。检修完毕拆除接地措施，箱变间隔恢复运行，中压系统反并网后停运中压发电车。最后在低压侧逐台核相反并网，恢复市电供电，拆除柔性电缆，完成现场验收。

4.2 3# 环网箱作业流程（中压 +4 台低压发电车）

中压发电车接入 4# 环网备用间隔，并网承载 3#、4# 干线负荷。4 台低压发电车分别对 5 台箱变完成同期转供，七区 19 号箱变依靠备自投实现不停电切换。将 3# 环网全间隔转为冷备用，上下游供电间隔转为检修，所有箱变进线电缆装设接地线。DTU 安装调试完毕后逐段拆除接地装置，恢复一次供电[5]。最后实施高低压分层反并网，依次停运全部低压发电车，并拆除高压柔性电缆。

4.3 4# 环网箱作业流程（仅低压发电车，无中压转供）

3 台低压发电车分别对三台箱变实施低压同期并网，断开各箱变总开关后由发电车独立带负荷。将 4# 环网全部间隔转为冷备用，上游 3# 环网间隔转为检修状态，各箱变进线挂接地线[6]。停电后完成 DTU 安装调试，拆除接地装置。最后逐台进行低压核相反并网，恢复市电运行，拆除柔性电缆。

4.4 通用操作强制技术要求

柔性电缆搭接须遵循先接零线、后接火线顺序；拆装前必须充分放电，操作人员须佩戴护目镜及全套绝缘防护。发电车市电与负荷侧必须经核相一致后方可合闸，相序不符时在发电车插拔接口进行调整。作业区域前后 10m 设置警示围栏，不同班组佩戴黄、蓝、红三色区分胸牌。现场气象条件须满足：无雷雨雾雪、风力≤ 5 级、空气相对湿度≤ 80%、作业场地坡度≤ 7°。开工前须完成复勘、站班会及工器具全检，完工后开展三级质量验收并召开班后总结会。

5 风险全过程安全防控体系

5.1 组织安全闭环

实行“到岗到位 + 总协调 + 专责监护人 + 分组负责人”四级管控机制。所有高风险操作执行双人监护，操作票与工作票实施双许可制度，未经模拟推演不得开展现场实操。

5.2 设备安全管控

所有绝缘工具及电缆在施工前必须完成绝缘阻值检测，不合格者严禁进场。柔性电缆拆除后须使用放电棒充分释放残余电荷，禁止徒手触碰金属线夹。环网箱及箱变停电后必须在进线侧装设接地线，形成明显断开点。

5.3 现场作业防护

拆接带电电缆全程须穿戴防电弧服、绝缘手套及护目镜。带电部位采用绝缘毯全覆盖遮蔽，作业区域设置硬质隔离围栏。各类警示标牌按规范布设，道路作业配套路障警示装置。

5.4 人员管理

开工前核查全员精神状态，分工以书面形式确认。关键操作须逐项获得工作负责人许可后方可执行，发现违章行为立即停工整改。

6 工程应用成效

（1）供电可靠性提升：整套工艺实现 2#、3#、4# 环网箱 DTU 改造全过程用户零停电，无一户居民、商户或工业客户感知断电，圆满达成石油基地零计划停电示范区建设目标。（2）施工效率优化：“大兵团”多专业同步施工模式下，高压转供、低压兜底与检修作业并行开展，相较传统分段停电改造方式大幅缩短整体工期。（3）技术可复制性：成套装备配置、负荷核算方法、同期并网流程及四级安全管控体系已全部标准化，可推广至城区老旧环网自动化升级、工商业密集配网改造等同类工程。（4）安全可控性：全过程不停电模式有效规避了大范围停电带来的倒闸与送电操作风险，分层转供降低了单回路停电故障概率，风险管控机制有力防范了电弧、触电及高空作业等各类安全隐患。

7 结语

本文完整保留了 10kV 石油七线 2#、3#、4# 环网箱 DTU 加装工程的全部负荷、装备、绝缘及并网时序原始技术参数，提出了“大兵团多班组协同 + 高低压发电车分层同期并网”的零感知不停电检修成套技术。通过中压发电车承载干线整体负荷、多台低压发电车分台区兜底的双层转供方案，有效解决了多分散大容量箱变同步改造中的断电难题，并配套建立了完善的四级风险安全管控与标准化作业流程。该工艺紧密贴合城市核心片区及工业示范区的高可靠性供电需求，标准化作业方案可在全疆同类配网自动化改造项目中推广应用，为配网不停电技改工程提供了完整可落地的实施范本。

参考文献

[1]GB/T18857-2019，配电线路带电作业技术导则[S]. 北京：中国标准出版社，2019.

[2]Q/GDW10520-2016，10kV 配网不停电作业规范[S]. 北京：中国电力出版社，2016.

[3] 国家电网有限公司. 电力安全工作规程（配电部分）[S]. 北京：中国电力出版社，2023.

[4] 李军. 低压发电车同期并网不停电改造关键技术[J]. 电力工程技术，2023,42(04):112-116.

[5] 张磊. 多电源协同转供在配网环网柜改造中的应用[J]. 农村电气化，2024(09):41-44.

[6] 国网新疆电力有限公司. 配网不停电作业现场标准化管理规范 [内部文件]，2023.