35 kV变电站升压增容施工期间过渡方案

杨 迎
广西正远监理咨询有限公司 广西 南宁 530000

摘 要 针对35 kV变电站升压增容改造工作中供电持续性与施工安全的冲突问题给出成体系的过渡施工办法，参照工程实际操作情况并通过对用电负荷特点的透彻剖析，制订出分步骤倒闸操作与搭配临时过渡接线的执行策略，着重研究电气主接线调整方式、设备更换操作流程及现场安全风险管理手段，并纳入环境影响控制办法。实际应用成效显示，该方案成功化解施工期间供电难题、保障电网安全平稳运行且为类似老旧变电站改造工程提供可参考的实际案例。

关键词 35 kV变电站；增容改造；过渡方案；不停电施工

Transition Scheme During the Voltage Upgrade and Capacity Expansion Construction of a 35kV Substation

Yang Ying
Guangxi Zhengyuan Supervision Consulting Co., Ltd., Nanning 530000, Guangxi Province, China

Abstract Addressing the conflict between power supply continuity and construction safety during the voltage upgrade and capacity expansion of a 35 kV substation, a systematic transition construction method is proposed. Based on actual project operation and a thorough analysis of load characteristics, an execution strategy involving step-by-step switching operations and temporary transition wiring is formulated. The study focuses on the adjustment methods for the main electrical wiring, equipment replacement procedures, and on-site safety risk management measures, while also incorporating environmental control considerations. Practical application results demonstrate that this scheme successfully resolves power supply challenges during construction, ensures the safe and stable operation of the power grid, and provides a practical reference case for similar renovation projects of aging substations.

Key words 35kV Substation; Capacity Expansion Retrofit; Transition Scheme; Live Working Construction

针对电力负荷激增下早期35 kV变电站因容量受限与设备老化成为区域供电瓶颈、用户对供电连续性要求严苛导致全站停电改造难以实施的工程难题，本文提出一种基于“不停电过渡”理念的施工方案，并结合工程实践详细阐述电气主接线调整、分阶段倒闸操作及现场风险管控策略，旨在通过精细化工序设计实现新旧系统平稳切换，为同类变电站安全增容提供技术路径。

1 工程概述与技术背景

1.1 项目背景及现状分析

以某前期35 kV终端变电站增容项目为研究对象，该变电站原有两台长期高负荷运行（负载率超过85%）且设备绝缘老化、升级需求迫切的6.3 MVA主变压器，项目规划将其更换为两台20 MVA有载调压变压器并更新配套设施。项目实施过程中面临需切实保证关键工业专线持续稳定供电，以及因场地空间狭小、新旧设备尺寸存在差异无法直接在原有位置替换的难点，这些情况对施工期间的空间调配和负荷稳定转移提出很高要求。

1.2 技术参数对比分析

在方案制订初期对新旧系统关键技术参数进行对比分析，不仅构成设备选型依据，更成为制订过渡期间继电保护定值的关键基础；升级后主变压器在容量上实现两倍以上提升，阻抗电压调整对短路电流水平的优化如表1所示；硬件设施的代际差异使过渡方案不能简单“拆一装一”，而必须建立兼容两套系统特性的临时运行环境[1]。

表1 新旧主变压器关键参数对比

参数项目	原主变参数（旧）	新主变参数（新）	变化影响分析
额定容量	6.3 MVA	20 MVA	供电能力提升217%，需重新校核进线截面
阻抗电压	7.5%	8.0%	需重新整定保护定值，防止误动
调压方式	无励磁调压	有载调压	提升了电压质量控制的灵活性
冷却方式	ONAN	ONAN/ONAF	增强了过负荷运行能力

2 过渡方案设计原则与关键技术约束

2.1 核心设计理念针

针对35 kV变电站增容施工的高风险特点，方案制订“安

全优先、供电持续、技术可行、经济合理”的总体指导原则。在安全管理层面，针对施工区域与带电区域距离较近的情况，借助物理隔离手段（如硬质围栏）、技术闭锁措施及严格的管理程序构建三道防护屏障，着重防范二次回路连接中可能出现的寄生回路风险。在平衡供电连续性和经济性方面，方案不主张盲目投入大量资金建设临时设施，而是在确保一、二级关键负荷不停电的基础上，通过精确负荷计算，采用单台主变短时间承担全站负荷或对一般负荷实施错峰停电等策略，实现可靠性和工程成本的最佳平衡。

2.2 异构参数的环流风险建模

在倒闸策略执行环节“技术可行性”原则落实过程中遭遇的主要难题，是新旧设备在容量（6.3 MVA与20 MVA）及阻抗电压（7.5%和8.0%）方面均不契合，且更为重要的是鉴于接线组别可能存在的差别（如Y/y-0和Y/d-11），倒闸操作时若强行短时间并列将在闭合回路中形成很大环流，这是制订倒闸策略时必须首先处理的物理限制条件。

设旧变压器为T_1，新变压器为T_2。当两台变压器变比k相同但接线组别不同（存在相位角差θ）时，二次侧的空载电势差$\Delta\dot{U}$可表示为：

$$\Delta\dot{U} = 2U_{2e}\sin(\theta/2) \tag{1}$$

由此产生的环流I_c由两台变压器的短路阻抗Z_{k1}、Z_{k2}决定：

$$I_c = \frac{\Delta\dot{U}}{Z_{k1}+Z_{k2}} \times 100\% \tag{2}$$

针对本案工程实际，在假设新旧系统存在30° 相位角差（θ=30° ）且忽略阻抗角微小差异的情况下，代入参数计算可知仅由相位差引起的环流即可达到额定电流的5倍以上（$I_c > 5I_e$），该远超保护装置速断定值的数值极易引发主变差动保护误动甚至设备损坏。基于上述量化分析，本工程需在物理层面上杜绝并列运行的可能性，故方案最终确立“先断后通”的切换逻辑，通过利用备自投装置实现毫秒级的负荷转带而非传统的并列倒闸[2]，从而确保技术层面的绝对安全，如图1所示。

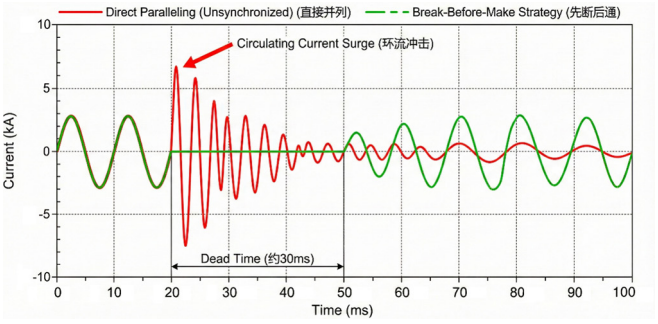


图1 不同倒闸策略下的母线瞬态电流响应仿真对比

3 过渡方案的具体实施

3.1 电气系统过渡策略

这是整个工程的心脏部分。基于现场实际，我们摒弃了传统的全站陪停方案，采用了“单边轮换、母线分段、负荷转移”的动态过渡策略。

1.电气主接线调整与负荷转移。工程实施划分为两个主要的主变更替阶段，其中首个阶段先行将全站电力负荷切换至#2主变运行以使#1主变及其所属电气间隔处于空闲状态，且此环节至关重要的技术手段为搭建临时旁路供电体系。

如图2所示，在35 kV进线侧利用临时架空跳线技术构建临时“T”形接头结构，确保新#1主变就位调试期间#2主变独立维持全站供电。在10 kV侧针对新旧开关柜尺寸不匹配问题，制作专用母线过渡排，实现新旧母线临时搭接。这种设计确保新#1主变投运后将负荷从老#2主变平滑“倒”至新系统，并为#2主变更换创造停电窗口。

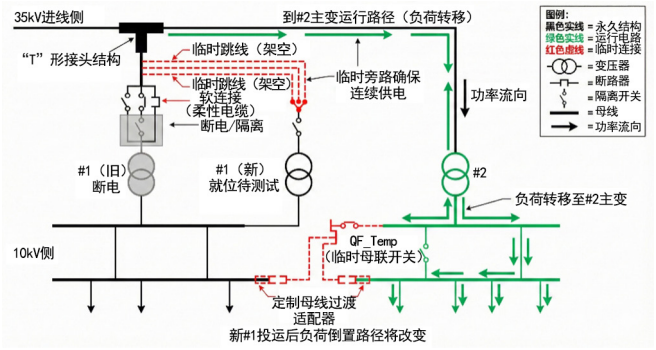


图2 主变压器更换第一阶段电气主接线过渡方案示意图

2.过渡期继电保护定值的动态整定。在完成电气主接线的物理调整后，系统的保护参数整定成为保障过渡期安全的另一核心要素。由于本工程在主变轮换期间（即单台主变独立运行阶段），将通过单台新20 MVA主变承担全站负荷，其额定电流由原6.3 MVA主变的约360 A激增至约1 150 A。若沿用旧系统保护定值，在新主变投运瞬间将因负荷电流越限而导致过流保护误动，引发全站停电事故。因此，必须针对“大容量主变+临时系统”的特殊工况，建立动态整定模型[3]。

3.过流保护定值的重构。为了躲过过渡期间可能出现的尖峰负荷及变压器励磁涌流，过流保护整定值（I_{op}）必须依据新主变参数进行计算：

$$I_{op} = \frac{K_{rel}\cdot K_{ss}}{K_{re}} \times I_{L.\max} \tag{3}$$

式中，K_{rel}—可靠系数，取1.2；K_{ss}—自启动系数，考虑到工业园区大电机负荷，取值由常规的1.3上调至1.5；K_{re}—继电

器返回系数，取0.85；$I_{L.max}$—最大负荷电流，按20 MVA满载计算。

4.灵敏度系数的校核。新主变阻抗电压（U_k%=8.0%）高于旧主变（U_k%=7.5%）导致系统末端短路电流略有下降。必须校核在系统最小运行方式下，保护装置对线路末端故障的感应能力。灵敏度校验公式如下：

$$K_{sen}=\frac{I_{k.min}^{(2)}}{I_{op}}\geqslant 1.5 \qquad (4)$$

式中，$I_{k.min}^{(2)}$—线路末端两相金属属性短路电流。

实施结果：依据上述模型，工程组将过渡期间的主变过流一段定值由原有的500 A临时调整为1 800 A。这一调整不仅确保了新主变在单机带全负荷工况下不发生误跳闸，同时经计算验证，其对10 kV母线侧故障的灵敏度系数仍保持在2.1以上，满足规程要求的“既不误动，也不拒动”，为过渡期的单主变运行提供了可靠的软保护屏障。

3.2 施工过程的分阶段管理

为了将复杂工程解构为可控的单元，将施工全过程划分为4个标准阶段，每个阶段都有明确的起止标志和风险控制点。各阶段的关键任务如表2所示。

表2 施工阶段规划与关键工序

阶段	阶段名称	关键工序内容	预计工期	风险等级
一	准备与临时措施	敷设临时电缆，安装临时围栏，核对相序	5 d	中
二	#1主变系统更换	拆除旧#1主变及开关柜，安装新设备，单体调试	15 d	高
三	系统倒换与过渡	关键路径：新#1主变带全负荷，旧#2主变退运	2 d	极高
四	#2主变系统更换	拆除旧#2主变，安装新设备，全站恢复正常运行	15 d	高

表2中第三阶段系统倒换极为关键的相序核对环节，鉴于新旧变压器可能存在如Y/d-11和Y/y-0等不同接线组别、直接并列操作会产生很大环流的情况[4]，本方案明确制定“先断后通”操作准则：先断开旧系统低压侧开关，在确认负荷为零后合上新系统低压侧开关，此过程中可能借助备自投装置实现毫秒级瞬时断电或出现短时停电状况，需严格防止非同期并列操作。

3.3 安全措施的具体实施

施工现场可归为典型的“临近带电体作业”情形。在新旧高压柜之间装设了高度达2.5 m的绝缘挡板，从根本上消除了作业人员不小心接触带电母线的潜在风险。另外，针对吊车吊装主变这一具有较高安全风险的环节，方案中清晰界定了吊臂的回转半径范围，安排了专职监护人，并施行“双确认”指挥机制，为机械作业的安全性提供了有力保障。

如图3所示，施工区域划分成红区（禁止进入/带电区域）、黄区（缓冲区域）和绿区（作业区域）。

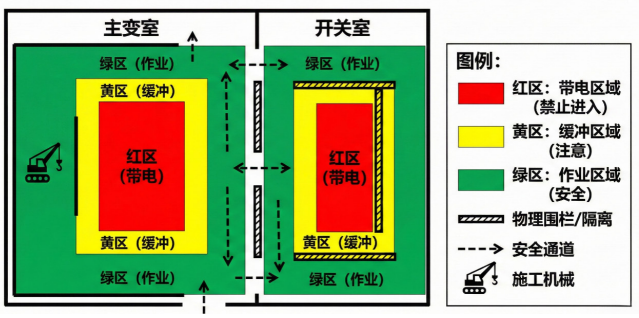


图3 施工现场安全区域布局图

4 结果分析与工程成效

运行监测结果显示，新主变压器在用电高峰时段的负载率下降至45%这一经济合理的运行范围，电压合格率从96.5%提升至99.8%，且在45天过渡期内全站供电可靠性指标（RS-1）始终维持在100%，未出现非计划停电情况，并顺利达成用户无明显感知的平稳升级目标[5]。

5 结束语

本文以35 kV变电站升压增容工程为背景，阐述了“单边轮换、母线分段”过渡施工方案。该方案通过动态调节电气接线与精细拆分工序，有效解决了施工停电与持续供电之间的矛盾。实际应用表明，该方案依托分阶段推进与物理隔离措施，在保障邻近带电作业安全和供电可靠性的同时，显著降低了临时措施成本，实现了安全、质量与效益的统一。该模式对受限空间下老旧变电站改造具有重要的推广价值，后续建议结合BIM技术与施工模拟，进一步提升空间管理与冲突预判的精确度。

参考文献

[1]李忠坤.高压直流供电系统中不间断电源的研究与设计[D].南京:东南大学,2017.

[2]李堃,刘君,陈沛龙,等.真空有载分接开关油乙炔超标故障机理研究及合理化建议[J].电力大数据,2022,25(4):84-92.

[3]黄伟周.新型电力系统背景下继电保护整定计算方法及优化[J].大众用电,2025,40(9):34-36.

[4]栾鹏飞,孙冬梅,张书梅.变压器并列运行程序计算器的设计[J].通信电源技术,2015,32(3):53-56,59.

[5]黄明华,李红,伏祥运,等.参数不同变压器并列运行时负荷分配计算[J].电力工程技术,2012,31(1):52-55.

（本文编辑 曹 阳）