

# 500 kV 江门变电站不停电改造关键技术分析

殷雪莉, 黄豫

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 随着电力系统的发展, 电网容量逐渐增大, 电力系统的短路水平逐年提高, 许多变电站的电气设备已不能满足安全运行的要求, 因此需要对变电站进行改造。500 kV 变电站大多为电网的枢纽变电站, 停电改造影响大, 成本高。本文从 500 kV 江门变电站的不停电改造入手, 分析总结了江门站改造的特点、不停电改造技术的关键点并针对改造的难点提出了解决方案, 为变电站实现不停电安全改造奠定了基础。

**关键词:** 500 kV 变电站; 不停电改造

**中图分类号:** TM63

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2015)S1-0244-05

## Key Technology of Live Retrofit in 500 kV Jiangmen Substation

YIN Xueli, HUANG Yu

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** With the development of electric power, capacitance of power grid grows faster, short-circuit current increase year by year, many equipments of substation are unable to meet the requirements of safety operation so that these substations require retrofit. Power-off retrofit for center substation will have great influence on the power grid and cost a lot; On the basis of analyzing the characteristic and the key point of live retrofit in 500 kV Jiangmen substation, an approach to solve the difficulties of live retrofit is proposed in this paper to lay the foundation for the safety of substation live retrofit.

**Key words:** 500 kV substation; live retrofit

500 kV 江门变电站是我省第一个 500 kV GIS 站, 随着电力系统规模的扩大以及众多电源的接入, 从“十二五”后期开始, 500 kV 配电装置系统短路电流将超过 50 kA, 原有 500 kV GIS 设备的开断能力将难以满足系统需求, 而伴随着糯扎渡特高压直流电源的接入, 500 kV GIS 设备的母线穿越功率也无法达到要求, 因此对江门站的改造势在必行。由于江门站运行时间久远, 部分设备陈旧又经多次改造, 因此对江门站的改造变得十分困难和复杂, 另外, 江门站位于粤西电力送入的主通道上是广东电网的枢纽变电站<sup>[2]</sup>, 为保障江门、佛山等地区的正常供电, 要求对江门站的改造必须在不停电的情况下进行, 这使得改造工作难上加难, 因此要考虑优化的设计<sup>[5]</sup>方案? “不停电改造”方案。

## 1 工程建设背景

### 1.1 工程现状

江门站 500 kV 系统采用一个半断路器接线, 共有 5 个间隔分别接入 2 台主变和 6 回出线, 500 kV 设备为户内 GIS<sup>[1]</sup>设备, 为进口 BBC 和施耐德的产品。220 kV 系统采用双母线隔离开关单分段接线, 共有 16 个间隔, 其中 1987 年投产 7 个间隔, 为进口 BBC 产品。站内设备运行情况良好但接近设计寿命 30 年。江门站电气平面布置图现状见图 1。

### 1.2 改造内容

本次改造主要是解决 500 kV 母线短路容量和母线穿越功率超标的问题, 将原设计参数为 50 kA, 4 000 A 的户内 GIS 设备更换为 63 kA, 5 000 A 的 HGIS 设备。其次, 需在原变电站围墙内扩建两回至 800 kV 江门换流站的出线间隔; 第三, 进行站内综自改造, 提高变电站综合自动化水平。第四, 优化电气总平面布置, 扩建继保楼、消防泵房、水

收稿日期: 2015-03-01

作者简介: 殷雪莉(1979), 女, 新疆乌市人, 高级工程师, 硕士, 主要从事变电站电气设计(e-mail)yinxueli@gedi.com.cn。

池、改造电缆沟、消防管网及场地排水等<sup>[2]</sup>。改造后的江门站 500 kV 电气平面布置图见图 2。

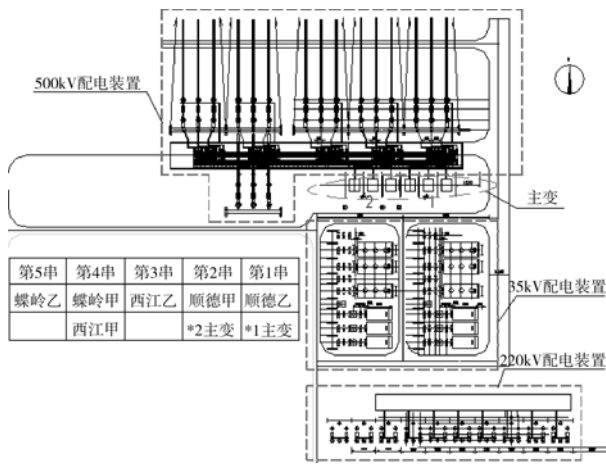
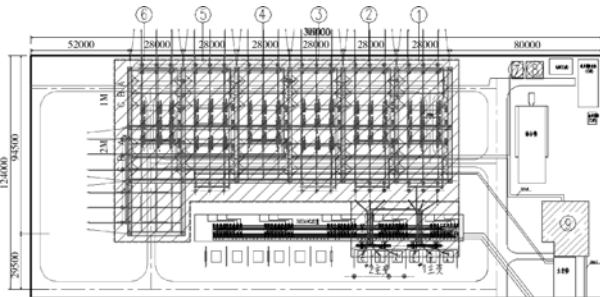


图 1 电气总平面布置

Fig. 1 Layout of General Electric Arrangement



注: ①表示第一串: 顺德乙-#1主变; ②表示第二串: 顺德甲-#2主变; ③表示第三串: 西江乙-; ④表示第四串: 西江甲-五邑甲; ⑤表示第五串: 江门换流站乙-备用。⑥表示第六串: 江门换流站甲-五邑乙; ⑦泵房; ⑧水池; ⑨二层继保楼; 阴影部分表示本期建设部分; 文中图3~5中序号同图2。

图 2 改造后 500 kV 电气平面布置图

Fig. 2 500 kV Layout After Retrofit

## 2 改造特点

### 2.1 不停电分步改造<sup>[3]</sup>

江门站是粤西电力送往负荷中心的必经站点, 是江门电网从省网下送电力的主要来源。考虑到停电改造给江门地区带来的巨大影响, 站内的扩建改造是在不中断变电站供电的条件下实施的, 利用线路改造的停机会同步进行站内的分阶段改造<sup>[3]</sup>, 大致历经了四个阶段, 第一阶段: 由顺德和西江线路带主变运行, 五邑线路停运, 在 GIS 室外的预留场地扩建 4~6 串 HGIS 设备; 第二阶段: 顺德和西江线路停运, 由五邑线路经新建的 5、6 串 HGIS 设备的构架和原 GIS 设备带主变运行, 扩建 1~3 串 HGIS 设备并对 #1 主变进线方式进行改造; 第三阶

段: 按最终接线方式对 4~6 串 HGIS 设备进行跳线改接, 五邑线经新的 HGIS 带 #2 主变运行; 第四阶段: 五邑经新的 HGIS 设备带 #1 主变运行, #2 主变进线方式改造, 改造完毕将顺德和西江线路接入完成全站改造。

### 2.2 采用新接入方案, 保证新旧监控系统安全、平滑过渡

站内现有计算机监控系统为西南院开发生产的计算机监控系统, 仅有遥测和遥信功能。本期监控系统改造后采用按间隔配置的测控装置和网络式监控系统。在改造初期, 采用旧监控系统和新监控系统同时运行的方式, 对于新上间隔或改造后老间隔可以立即接入新监控系统, 随着老间隔的不断改造, 新监控系统将完全取代旧系统。

### 2.3 改造规模大, 时间跨度长

江门变电站的改造工程不仅涵盖本站 500 kV 全部电气一、二次设备的更换和升级改造, 还涉及站内地网、电缆沟、道路、建筑物、多项基础设施的改造和易位重建, 同时与 500 kV 五邑变电站的保护改造、500 kV 西江变电站的保护改造, 500 kV 五邑至江门同塔双回线路的改造、500 kV 江门站至顺德站的线路改造及 500 kV 西江甲线与西江甲线临时跳通等多项工程相互牵连, 相互制约, 因此工程从 2010 年 4 月开始施工至 2012 年 11 月竣工, 总共历经 2 年零 6 个月。

### 2.4 施工难度大, 安全风险高

江门站建成投产早, 又经过多次改扩建, 站内情况已变得非常复杂, 特别是电缆主沟相互跨越、沟内的电缆错综交叉、二次回路更是剪不断理还乱; 另外, 由于要尽量避免全站停电或减少停电时间, 部分改造项目特别是主变进线改造和过渡时期的串内跳线改接都是在紧邻运行设备的间隙或夹缝中开展的, 这些实际情况不但给施工改造带来了巨大的困难和诸多不确定的因素, 同时也造成许多危险源点和安全风险; 此外, 改造过程中还存在不同厂家设备对接、新旧设备同时运行的情况给原本复杂的改造工作带来更多难以预料的危险, 增加了改造工作的风险。

## 3 不停电改造关键技术

### 3.1 实现不停电的方法

为了实现“不停电”改造这一目标, 江门站在进

行改造方案的设计时充分利用了现有条件和手段尽可能不停电或减少停电时间。

1) 第一, 根据站内的实际情况结合系统条件和线路改造的停电机会提出分步改造的思路。

2) 第二, 合理划分了运行区域和施工区域, 将运行线路和改造设备分置于不同改造场地, 使两个场地各司其职互不干扰, 最大限度减少施工安全隐患, 对于不可避免的交叉或临界工作界面, 严格校核施工安全净距并制定周密的作业流程, 做好带电作业时的安全防护措施。

3) 第三, 在设计方案中灵活考虑 13 种运行方式、8 种跳线方式、4 种线路的接入方式和改接方式, 如直接经旧 GIS 设备接入、利用到新建 HGIS 构架、母线和旧 GIS 设备接入、经新 HGIS 接入等为站内不停电改造创造条件。

4) 第四, 根据站内实际情况选用 HGIS 设备利于分步实施, 改造更加方便灵活。

5) 第五, 在设计时考虑利用 GIL 管道母线跨越旧设施建立旧的主变与新建户外 HGIS 设备的连接, 解决主变进线问题, 突破新旧设备、不同厂家设备的连接瓶颈。

6) 第六, 对于现有资料中不确定、不完整的可能影响二期扩建的必要输入条件由设计单位和设备厂家进行了现场测量和确定; 第七, 充分考虑施工安装时的误差影响, 设计方案留有适当裕度用于消纳安装误差。

### 3.2 不停电改造方案

#### 3.2.1 第一阶段

后三串设备改造。顺德甲乙、西江乙带#1、#2 主变运行, 西江甲线停运。

1) 步骤 1: 拆除原站后 2 串 GIS 室外出线设备、构支架及基础。

2) 步骤 2: 在拆除及预留场地上新建后 3 串 HGIS 设备及出线设备的基础、支架和构架基础、电缆沟, 同时新建#5 串主变进线避雷器基础、支架及在原#4 串阻波器三相支架上焊接通长槽钢, 用以安装避雷器。

3) 步骤 3: #4、#5、#6 串设备施工安装, 导线按照过渡阶段要求跳接。

#### 3.2.2 第二阶段

前三串设备和#1 主变进线方式改造。五邑甲乙带#2 主变运行, 其余线路及#1 变停运。

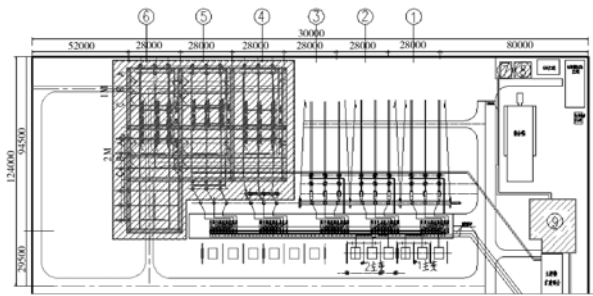


图3 第一阶段

Fig. 3 Step1

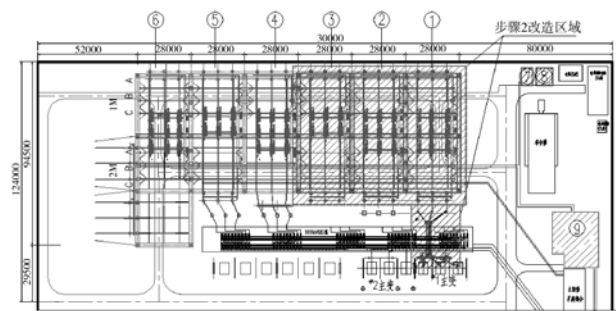


图4 第二阶段

Fig. 4 Step2

1) 步骤 1: 五邑两回线路经新上避雷器、电容式电压互感器、33.5 m 及 26 m 层跨线、II 母线、原#4、#5 串出线侧避雷器(搬迁后)接入原#4、#5 串 GIS 带#1、#2 主变运行。

2) 步骤 2: 拆除原站前 3 串 GIS 室外出线设备、构支架及基础。

3) 步骤 3: 在拆除及预留场地上新建前 3 串 HGIS 设备及出线设备的基础、支架、构架和构架基础、电缆沟及#1、#2 主变进线套管支架及基础。

4) 步骤 4: 土建在第 1 串 GIS 室两侧新建用于接入新的 GIL 母管的支架基础; 同步完成第 4 串 I 母管母线吊装, 及#4、#5 串 I 母线的跳通, 完成第 4、5、6 串 I 母侧管母线引下线及 I 母侧 26 m 层到 HGIS 套管引下线安装。

5) 步骤 5: 拆除#1 主变 500kV GIS 主变进线侧从主变油气套管出口至 GIS 室边的 50kAGIL 母管。

6) 步骤 6: 在第 1 串新上 1 组 63 kA 的出线套管, 并在#1 主变油气套管和新上的出线套管之间接入一段 63 kA 的 GIL 母管, 新的 GIL 母管从原 GIS 室屋顶跨过与新的出线套管连接后通过引线跳入第 1 串 500 kV 进线构架 26 m 层跨线。

7) 步骤 7: 前 3 串 I、II 母侧管母线及跨条引下线按最终方式接入 HGIS, 前 3 串 I 母管母线与后 3

串 I 母管母线跳通。

### 3.2.3 第三阶段

后三串设备跳线改接。五邑甲乙带#1 主变运行, 其余线路停运。

1) 步骤 1: 第 4、5、6 串五邑甲、乙线 II 母侧按最终方式拆接线。

2) 步骤 2: 第 4 串 II 母管母线吊装及下线安装。

3) 步骤 3: 第 3 串与第 4 串, 第 4 串与第 5 串 II 母管母线连通。

4) 步骤 4: 拆除五邑甲乙线引到原 GIS 室引下线及第四五串临时避雷器, 第四串临时避雷器基础。

5) 步骤 5: 五邑甲乙线经新的 HGIS 带#1 主变运行。

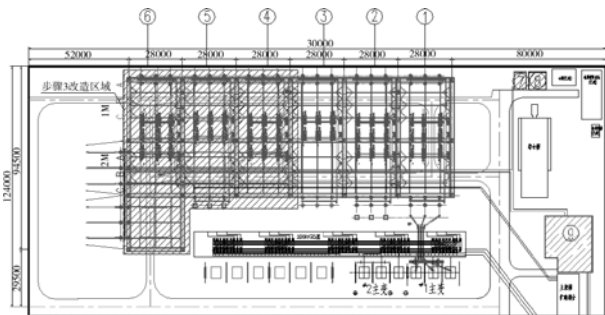


图 5 第三阶段

Fig. 5 Step3

### 3.2.4 第四阶段

#2 主变进线方式改造。顺德甲乙、西江甲乙、江门换流站甲乙、五邑甲乙带#1 主变运行。

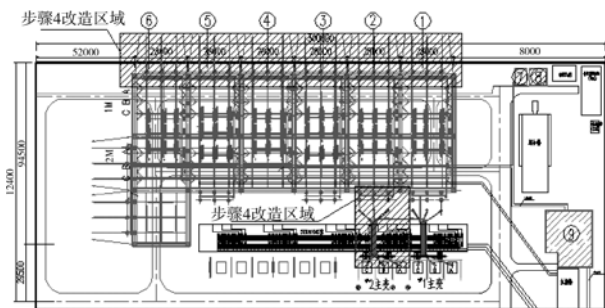


图 6 第四阶段

Fig. 6 Step4

1) 步骤 1: 拆除#2 变 GIS 主变进线侧从主变油气套管出口至 GIS 室边的 50 kA 的 GIL 母管。

2) 步骤 2: 土建在第 2 串 GIS 室主变侧新建用于接入新的 GIL 母管的支架基础。

3) 步骤 3: 在第 2 串新上 1 组 63 kA 的出线套管, 并在#2 主变油气套管和新上的出线套管之间

接入一段 63 kA 的 GIL 母管。

4) 步骤 4: #2 主变经新的 GIL 母管、出线套管连接后通过引线跳入第 2 串 500 kV 进线构架 26 m 层跨线。

5) 步骤 5: 顺德甲、乙线, 西江甲、乙线, 五邑甲、乙线通过新的 HGIS 带#1、#2 主变运行。

## 4 新旧设备对接技术难点及解决方案

本站前期 500 kV 设备为户内 GIS 设备, 主变进线采用油气套管进线, 本期新建 500 kV 配电装置为 HGIS 设备, 旧主变与新建的 HGIS 设备间有 500 kV GIS 室和 220 kV 主变进线构架阻隔, 旧的主变如何接入新的 500 kV HGIS 串中成为不停电改造方案得以顺利实施的关键, 考虑建设过程中需利用原 GIS 设备实现不停电改造, 因此需对原主变进线方式进行改造, 即将原与主变油气套管对接的 50 kA 的 GIS 管道母线更换为一段带出线空气套管的 63 kA 的 GIL 管道母线。

### 4.1 改造难点

1) 难点一: 原两台主变油气套管分别是三菱电机有限公司和 ABB 公司产品, 而本期新接入的 GIL 管道母线是河南平高东芝高压开关有限公司产品, 各厂家制造工艺和尺寸存在较大的差异, 对接困难。

2) 难点二: 由于旧的 500 kV GIS 厂房为钢结构, 支撑力柱间隔较远, 屋顶无法集中受力, 因此, 连接新旧设备间的 GIL 管道母线需跨越旧的 500 kV GIS 厂房, 长达 17 m 而之间无法设立支撑。

3) 难点三: 连接旧主变与新的 HGIS 设备的 GIL 管道母线的位置受前期 220 kV 主变进线构架的制约, 特别是边相 GIL 母管与构架支腿空中的距离较近易发生碰撞造成对接失败。

4) 难点四: 为满足不停电要求, 对于两台主变的改造必须轮流进行, 即在某台主变改造时旁边的主变为运行状态, 稍有不慎将造成安全事故。

5) 难点五: 管道母线与主变套管的连接为硬连接, 施工安装误差将导致对接不成功。

### 4.2 解决方案

为确保对接的成功, 本工程制定并实施了多种措施, 取得了满意的效果。

1) 措施一: 主变轮流停电, 对与主变油气套管对接处的法兰尺寸、连接导体尺寸、对接壳体内容

等进行开盖实测；利用全站仪对主变油气套管上下法兰的对地高度、相间距离进行测量和复核确保接口尺寸正确。



图7 主变与 GIL 对接

Fig. 7 Connection of Transformer and Gil

2)措施二：通过在房顶两侧的 GIL 母管的三通母线拔口处加设了母线加强筋，以减小拔口处的应力，及在三相母线之间设置了多处母线相间加强筋，以提高其整体强度，成功解决 GIL 管母远距离跨越而不设支撑的问题。



图8 GIL 管母大跨越

Fig. 8 Crossing GIL

3)措施三：运用 GediSurMap 测绘系统库结合南方 cass9.0 成图软件对采集数据进行处理，用于指导跨越屋顶段 GIL 母管的布置，有效躲避 220 kV 主变进线构架对 GIL 母管的干涉。

4)措施四：在所有有条件的部位设置固定的硬式遮拦和隔离物，开辟出专门的施工通道、使其与运行人员的作业通道清晰区隔，在部分难以分隔的部位设置专门的警示标志，写入施工安全措施，最大限度降低了施工人员误入运行设备区域的几率。

5)措施五：在 GIL 管母的水平方向设置波纹管用于减少制造安装时的水平误差；安装工序为从主变对接处开始，将安装误差留在出线套管处；出线套管基础及埋件设计时考虑适当裕度用于消纳安装时的综合误差。

通过上述措施解决了对接难题，江门站的改造得以顺利实施并按计划投产。

## 5 结论

每个变电站都具有特殊性，变电站的改造工程也应该从实际情况入手，研究出最佳的改造方案<sup>[1]</sup>。本文从江门站的实际情况入手，详细论述了

500 kV 江门变电站不停电改造方案，现将关键点总结如下：

1)根据系统运行条件和要求合理安排改造施工步骤，划分运行和施工区域。

2)根据站内实际情况选择合适的设备类型，并充分考虑原有设备、构筑物的利用配合分步改造。

3)过渡阶段灵活运用多种跳接线方式为分步改造创造条件。

4)遇到新旧设备对接情况时，必须确保对接资料的准确，否则应由设计单位和设备厂家进行了现场测量和确定。

5)设计方案应充分考虑施工安装时的误差影响，留有适当裕度用于消纳安装误差。

6)设计方案应考虑施工安装的安全净距要求。

对江门变电站采取不停电改造，避免了减少供电量 7 TWh，减少了直接经济损失 49 亿元，经济效益显著。为今后类似的改造工程明确了设计思路提供了解决方法，具有较好的指导意义。

## 参考文献：

- [1] 丁浩寅, 邵能灵, 崔新奇, 等. 大型超高压变电站运行条件下的电气改造方案 [J]. 电力自动化设备, 2010, 30(9):132-135.  
DING Hao yin, TAI Nengling, CUI Xin qi, et al. Strategy of Electrical Equipment Reconstruction for Large Operating EHV Substation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(9): 132-135.
- [2] 薛玉兰. 500 kV 变电站技术改造的探索 [J]. 华东电力, 2007, 35(8): 4-6.  
XUE Yulan. Exploration of Technical Retrofits for 500 kV Substation, East China Electric Power, 2007, 35(8): 4-6.
- [3] 忻国胜, 王敏. 220 kV 城市旧变电站的改建新思路 [J]. 华东电力, 2007, 35(1): 45-47.  
XIN Guosheng, WANG Min. New Concept of Retrofit and Extension for Old 220 kV Urban Substations [J]. East China Electric Power, 2007, 35(1): 45-47.
- [4] 汪健康. 改造建设无人值班变电站的体会 [J]. 电力自动化设备, 1998, 18(1): 43-44.  
WANG Jiankang. Same Experiences in Reconfiguration Unmanned Substations [J]. Electric Power Automation Equipment, 1998, 18(1): 43 - 44.
- [5] 付功连. 浅谈变电站设备改造思路和设计优化 [J]. 邵阳学院学报: 自然科学版, 2006, 3(3): 59-61.  
FU Gonglian. Optimization of Design on Reforming Equipments of Old Substations and Reform Experiences [J]. Journal of Shaoyang University: Science and Technology, 2006, 3(3): 59-61.

(责任编辑 高春萌)