

# 面向增量配电网的 110 kV 简约化变电站方案研究

张杰<sup>1</sup>, 黄满华<sup>2</sup>

(1. 深圳供电局有限公司, 深圳 518000, 2. 广东天联电力设计有限公司, 广州 510600)

**摘要:** [目的]为了适应增量配电网投资主体对项目成本、效益及工期更为敏感的特点。[方法]通过对南方电网变电站标准设计方案进行特性分析, 结合预制舱技术、装配式结构技术, 对变电站方案进行简约化处理。[结果]形成两个不同主变规模的 110 kV 简约化变电站方案。[结论]该方案保证了变电站使用功能, 实现了工程建设难度、工期及造价的大幅降低, 使可复制、易搬迁、可循环利用的变电站成为可能, 为促进增量配电网发展提供了建设方案参考。

**关键词:** 增量配电网; 简约化变电站; 预制舱; 装配式结构

中图分类号: TU271; TM63

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)S1-0047-07

## Research on 110 kV Simplified Substation for Incremental Distribution Network

ZHANG Jie<sup>1</sup>, HUANG Manhua<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Power Supply Bureau Co., Ltd., Shenzhen 518000, China;

2. Guangdong Tianlian Electric Power Design Co., Ltd., Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** [Introduction] Aims to the characteristics of incremental distribution network investment, such as more sensitive to project cost, benefit and duration. [Method] This article analyzed the standard design scheme of substation in China Southern Power Grid, simplified the substation scheme by combining prefabricated cabin technology and assembly structure technology. [Result] Two 110 kV simplified substation schemes for different main transformer scale are presented. [Conclusion] On the one hand, they have basic functions as a substation. on the other hand, the construction difficulty, time limit and cost are greatly reduced, which makes it possible to duplicate, relocate and recycle substation. It provides a reference for the construction scheme to promote the development of incremental distribution network.

**Key words:** incremental distribution network; simplified substation; prefabricated cabin; assembly structure

自从发改经体[2016]2120号文《有序放开配电网业务管理办法》提出“鼓励社会资本有序投资、运营增量配电网, 促进配电网建设发展”以来, 增量配电网成为电力行业投资的重要领域。相对于电网公司, 各投资主体将会对成本、效益及工期等更为敏感, 很有必要对现有的 110 kV 变电站技术方案进行简约化处理, 以降低 110 kV 变电站的占地、工期、投资, 促进增量配电网发展。

本文以深圳地区工业园为目标主体, 结合国家

及南方电网相关规程规范要求, 从土建专业角度提出适应增量配电网 110 kV 变电站方案(下称简约化变电站)。

## 1 简约化对象

### 1.1 简约化对象选择

深圳属于南方电网服务范围, 以南方电网 110 kV 变电站标准设计方案<sup>[1]</sup>作为简约化对象最为合适。而南网标准设计方案存在着以下几点是不适应增量配电网发展要求的。

1) 建设规模过大: 南方电网 110 kV 变电站标准设计方案的主变规模最少为 2 台, 哪怕新建站时电力负荷不大, 需要的主变台数不多, 但仍需按 2 台或以上的最终主变规模进行征地与建设。新建工

程费用大、占地多、有大量用地及房间空置造成浪费。

2) 场地平整耗时费力: 南方电网所有 110 kV 变电站标准设计方案均要求场地是平整的, 而土地平整工期常常是整个工程耗时最长的, 土石方工程的费用也是巨大的。

3) 配套设施过于复杂: 由于建设规模大, 造成需要的配套多。例如需要设置水消防系统、气体灭火系统等。这些配套设施均增加了建设、维护成本。

深圳作为一线城市, 土地资源紧张, 电力负荷大, 因此在该地区, 110 kV 变电站主要采用 110B-G2a 方案。因此, 本研究课题的简约化对象为南方电网 110 kV 变电站标准设计 110B-G2a 方案。

## 1.2 简化对象及其特征、指标

从土建专业看, 该方案在总平面、建筑、结构、消防、给排水等方面的主要特征及指标如表 1~表 5 所示:

表 1 南网 110B-G2a 方案的主要总平面特征及指标

Tab. 1 Major characteristics and indicators of 110B-G2a scheme about general plane

项目	指标	特征说明
站内面积	3 071 m <sup>2</sup>	围墙尺寸 74 m × 41.5 m
建筑数量	1 栋	场地中央设配电装置楼 1 栋
道路面积	780 m <sup>2</sup>	围绕配电装置楼设 4 m 宽环形道路
竖向布置	—	平坡式竖向布置, 场地高程高于 50 年一遇洪水位及历史最高内涝水位
硬化面积	135 m <sup>2</sup>	普通混凝土硬化地面
绿化面积	860 m <sup>2</sup>	植草皮
构筑物	—	包括围墙、道路、电缆沟、事故油池、化粪池、主变压器基础(3 台)

表 2 南网 110B-G2a 方案的主要建筑特征及指标

Tab. 2 Major architectural features and indicators of 110B-G2a scheme

项目	指标	特征说明
占地面积	1 169 m <sup>2</sup>	外轮廓尺寸 54 m × 22.6 m
建筑面积	3 020.8 m <sup>2</sup>	—
建筑体积	18 162 m <sup>3</sup>	—
功能房间设置	—	电缆夹层, 消防水池、10 kV 配电室、电容器室(3 间)、备品资料室、接地变室、常用工具间、泵房、卫生间、警传室、GIS 配电室、继电器及通信室、绝缘工具间、备品资料室、蓄电池室(兼通信电源室, 共 2 间)

表 3 南网 110B-G2a 方案的主要结构特征

Tab. 3 Major structural features of 110B-G2a scheme

项目	特征说明
配电装置楼结构	现浇钢筋混凝土框架结构
事故油池结构	埋地式现浇钢筋混凝土水池结构
主变压器基础结构	现浇钢筋混凝土大块式基础

表 4 南网 110B-G2a 方案的主要消防特征及指标

Tab. 4 Major characteristics and targets of 110B-G2a scheme about extinguishing and protection

项目	特征说明
配电装置楼消防	设置室内消火栓系统、室外消火栓系统、室内配手提式 ABC 干粉灭火器
主变压器消防	设置水喷雾灭火系统、配推车式 ABC 干粉灭火器
电容器消防	设置七氟丙烷气体灭火系统
消防水池	站内设置一座有效容积 330 m <sup>3</sup> 消防水池
事故油池	站内设置一座有效容积 25 m <sup>3</sup> 事故油池

表 5 南网 110B-G2a 方案的主要给排水特征

Tab. 5 Major features of 110B-G2a scheme about water supply and drainage

项目	特征说明
给水	设置生活给水及消防给水系统
排水	设置雨水、生活及含油废水排水系统

## 2 简约化条件的设定

### 2.1 建设规模设定

通过对深圳地区典型工业园的占地、负荷密度、供电半径等分析, 电力系统专业提出简约化变电站的两个不同建设规模设定:

1) 方案一: 对于起步阶段的工业园区, 建设规模为 1 台 40 MVA 主变压器, 1 回 110 kV 出线(线变组接线方式), 1 回 10 kV 出线; 站内不设低压电容器。

2) 方案二: 对于饱和阶段的工业园区, 建设规模为 2 台 40 MVA 主变压器, 2 回 110 kV 出线(内桥接线方式), 2 回 10 kV 出线; 站内不设低压电容器。

### 2.2 简约化工作原则

简约化首要原则是确保变电站建设与运行的安全、可靠。这需要对国家标准、行业标准、南网企

业标准进行对标分析, 以确保简约化变电站能满足国标与行标要求的同时, 能将企业标准过高的要求降低下来, 使方案得以简化、减配。

简约化的第二原则是在确保安全可靠的前提下, 尽量采用适度先进、经济快捷的技术。本研究课题拟采用的技术主要有: 预制舱技术<sup>[2]</sup>、装配式结构技术<sup>[3-4]</sup>。

### 2.3 简约后的成果特点

经过简约化处理后, 适应增量配电网业务的简约化变电站应该具有以下特点:

- 1) 占地面积要比南网标准设计方案小。
- 2) 具有灵活性, 对各工业园区不同的负荷大小, 具有不同规模的建设方案以供选择。
- 3) 建设工期要短, 应在 6 个月以内。
- 4) 可复制、易搬迁、可循环利用, 以适应负荷转移的需要, 这就要求标准化、模块化设计。
- 5) 建设成本与运维成本足够低, 前提是确保安全。

## 3 研究成果

### 3.1 技术成果

以上述特点作为简约化目标, 结合两个简约化原则以及拟采用的预制舱技术、装配式结构技术, 土建专业产生以下技术成果:

#### 1) 主变基础箱体代替主变基础

主变基础采用装配式箱体结构代替。主变压器由于重量大, 要求基础刚度高, 因此其基础仍需采用钢筋混凝土结构。本研究提出的装配式箱体结构示意图如图 1 所示。

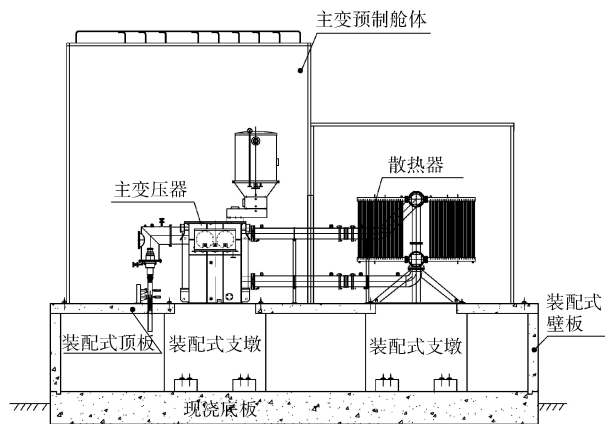


图 1 主变基础箱体示意图

Fig. 1 Schematic diagram of main transformer base box

主变基础箱体除了约 0.5 m 厚底板采用现浇钢筋混凝土外, 其余侧壁、顶板、支墩均采用预制钢筋混凝土构件, 按装配式结构方式拼装。此举可避免一般主变基础属于大体积混凝土结构的施工困难问题, 且主变压器被抬高, 有利于防洪抗涝。另外, 箱体内部空间可用于放置成品油罐, 用于事故排油时储油, 以替代普通变电站所需的事故油池。

考虑到不同设备厂家生产的主变压器尺寸差异, 成果应用时应根据标准化、模块化后的主变基础箱体对设备尺寸提出相应要求, 以实现设备与基础的匹配。

#### 2) 成品油罐代替事故油池

南网标准设计方案均采用具有油水分离功能的埋地式事故油池作为事故油储存空间。按规范<sup>[5]</sup>要求, 事故油池须与各建筑物及主变压器保持 5 m 以上防火间距。事故油池施工时基坑开挖较深(常达到深基坑标准)而施工难度较大, 又因为防火间距问题增大了变电站占地面积。

简约化变电站采用成品不锈钢油罐代替事故油池主要是因为本站中的主变压器容量仅为 40 MVA, 按规范<sup>[6]</sup>无需设置水喷雾灭火系统, 且主变布置在预制舱内, 主变处无雨水, 故而没有水进入主变事故排油系统, 也就无需采用具有油水分离功能的复杂结构, 体积也比较小, 仅需 20 m<sup>3</sup> 即可。该体积大小的油罐可直接放置在上述的主变基础箱体中, 由于箱体起到防火隔墙作用, 使油罐与主变压器无需保持防火间距。进而起到降低施工难度、减少占地的作用。

#### 3) 预制舱加钢平台代替配电装置楼

配电装置楼一般结构为现浇钢筋混凝土结构, 其性质是永久性建筑, 其前期工作存在建筑报建、验收等行政审批手续。施工中存在众多工序、湿作业、工期长、消防配套复杂等问题, 易引发施工质量问题。一旦建成不易搬迁。

简约化变电站采用预制舱加钢结构平台代替配电装置楼。所有设备均采用预制舱式, 除主变压器外, 其余设备及其舱体均布置在钢平台上。而钢平台在考虑预留足够空间以适应不同厂家设备尺寸及重量的前提下, 采用标准模数设计生产, 柱、主梁、次梁等构件均采用统一截面, 构件之间采用高强螺栓连接。因此可以形成安装快捷、工序简单、质量可靠、最大限度降低湿作业、可复制、易搬迁、可循环利用等优势。

#### 4) 抬高设备底座降低场地平整难度

按规范[7],只需“使主要设备底座和生产建筑物室内地坪标高不低于”50年一遇洪水水位及历史最高内涝水位即可满足防洪防涝的要求。在上述主变基础箱体和钢平台的共同作用下,站内所有设备底座均得以抬高,也就使变电站的场地标高标准得以降低,相应的场地平整难度就得到了降低。只要设备安装和运行在平整的钢平台平面上,地面的平整度已经不再那么重要了,所以,本研究提出简约化变电站方案选址应在相对高差不大于3m的场地上,站内仅需对地表杂草或垃圾等表土进行清理即可建设,根据柱位标高调整钢平台柱长以达到钢平台的平整性。

#### 5) 取消全站水消防系统及气体灭火系统

由于简约化变电站无建筑、主变压器容量小于125 MVA,经对标分析,站内配置水消防系统是没有必要的,因此简约化变电站取消全站水消防系统,相应地,取消消防泵房及消防水池。另外,简约化变电站站内不设低压电容器,故也取消气体灭火系统。仅在各舱体处保留设置干粉灭火器。

#### 6) 环形道路改为一字形道路

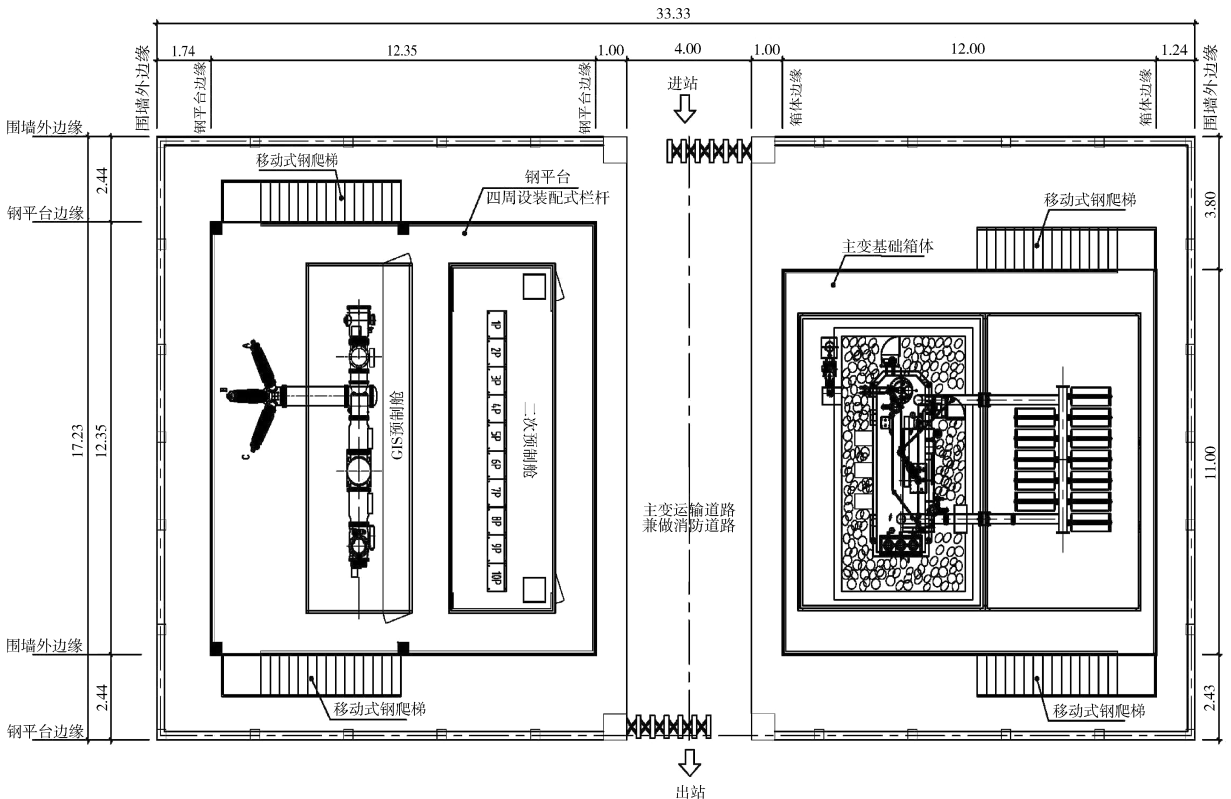
由于简约化变电站无建筑,火灾危险性及占地面积并未达到规范所规定指标,经对标分析,站内配置环形道路是没有必要的。110B-G2a方案占地面积之所以比较大的很重要的原因就是设置环形道路导致的。因此,在满足设备运输、安装、运维及消防需求的前提下,将环形道路改为一字形道路有利于大幅度降低简约化变电站占地面积。

#### 7) 地面铺装采用透水混凝土<sup>[8]</sup>

变电站地面铺装一般采用普通混凝土硬化、铺石子或植草。其中普通混凝土硬化容易造成场地积水不去,铺石子或植草虽有利于雨水下渗,但维护成本高,且不利于人员及车辆在草皮或石子上巡维走动。而透水混凝土由于近年来大量用于市政建设,已属于常规建材,用其铺装地面,有利于雨水下渗,无需设置集中排水系统,且地面整洁坚硬,杜绝杂草生长,方便巡维。

### 3.2 总体方案成果

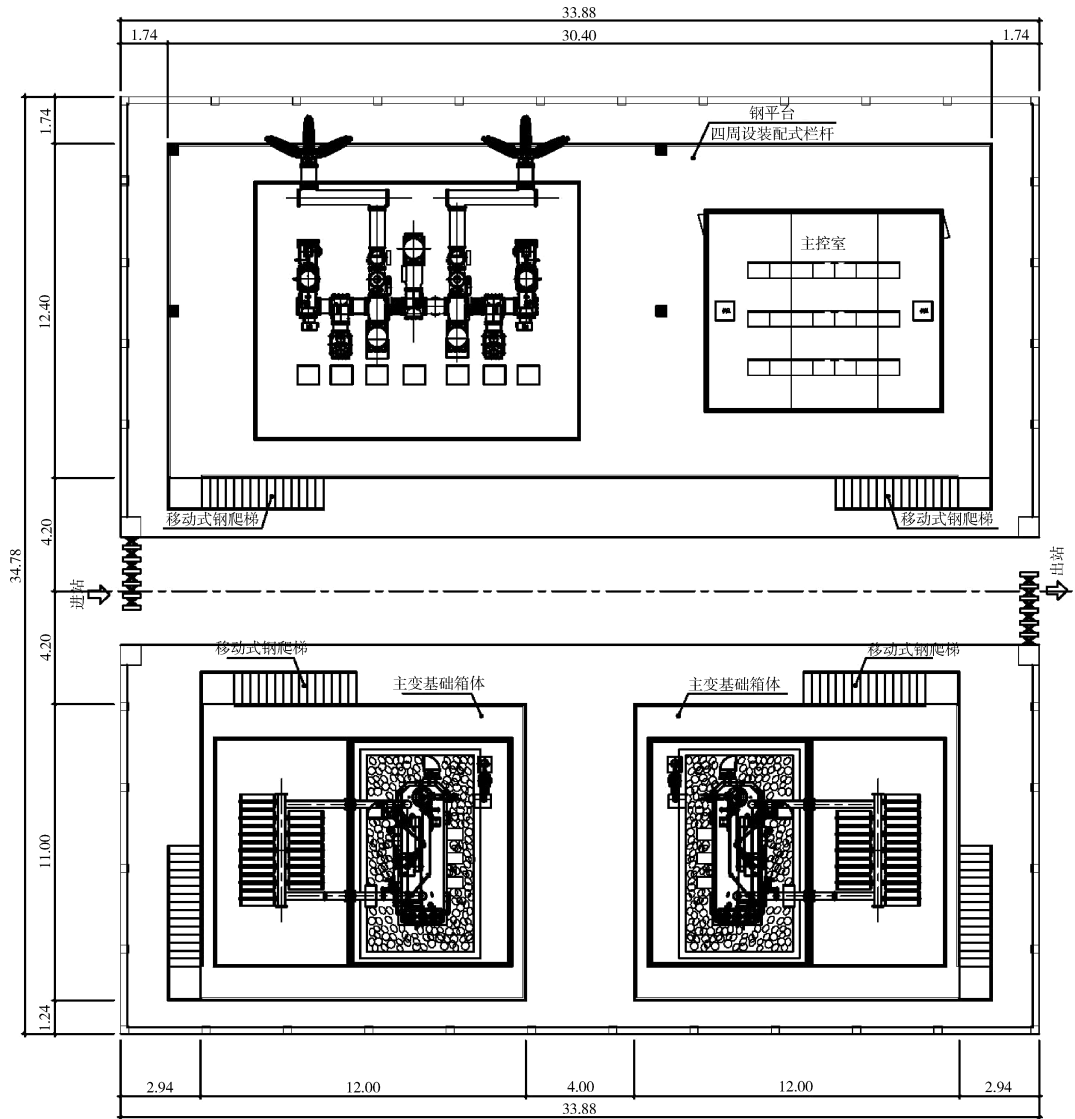
结合上述形成的技术成果,经组合优化,本研究形成了针对两种不同主变规模的变电站布置方案。如图2、图3所示。



注:图中尺寸单位为m。

图2 主变规模1×40 MVA简约化变电站平面图

Fig. 2 General plan of simplified substation with 1×40 MVA main transfers



注: 图中尺寸单位为 m。

图 3 主变规模 2×40 MVA 简约化变电站平面图

Fig. 3 General plan of simplified substation with 2×40 MVA main transfers

两种方案的在总平面的主要特征及指标如表 6~表 7 所示:

表 6 简约变电站方案一的主要总平面特征及指标

Tab. 6 Major characteristics and indicators of #1 simplified substation scheme about general plane

项目	指标	特征说明
站内面积	574.28 m <sup>2</sup>	围墙尺寸 33.33 m × 17.23 m
建筑数量	无	—
道路面积	68.92 m <sup>2</sup>	设 4 m 宽一字形道路
竖向布置	—	不作场地平整, 要求设备底座高于 50 年一遇洪水位及历史最高内涝水位
硬化面积	370 m <sup>2</sup>	采用透水混凝土硬化地面
绿化面积	无	—
构筑物	—	包括围墙、道路、钢平台、主变基础箱体

表 7 简约变电站方案二的主要总平面特征及指标

Tab. 7 Major characteristics and indicators of #1 simplified substation scheme about general plane

项目	指标	特征说明
站内面积	1 178.35 m <sup>2</sup>	围墙尺寸 33.88 m × 34.78 m
建筑数量	无	—
道路面积	135.52 m <sup>2</sup>	设 4 m 宽一字形道路
竖向布置	—	不作场地平整, 要求设备底座高于 50 年一遇洪水位及历史最高内涝水位
硬化面积	776 m <sup>2</sup>	采用透水混凝土硬化地面
绿化面积	无	—
构筑物	—	包括围墙、道路、钢平台、主变基础箱体(2 个)

简约化变电站在结构、消防、给排水等方面的主要特征及指标如表8~表10所示:

表8 简约化变电站的主要结构特征

Tab. 8 Major structural features of simplified substation

项 目	特征说明
钢平台	钢框架结构
油罐	成品不锈钢罐体
主变基础箱体	装配式钢筋混凝土箱体

表9 简约化变电站的主要消防特征及指标

Tab. 9 Major characteristics and targets of simplified substation about extinguishing and protection

项 目	特征说明
预制舱消防	配手提式 ABC 干粉灭火器
主变压器消防	配推车式 ABC 干粉灭火器
事故油罐	设一个容积 20 m <sup>3</sup> 成品不锈钢油罐

表10 简约化变电站的主要给排水特征

Tab. 10 Major features of simplified substation about water supply and drainage

项 目	特征说明
给 水	设置生活给水, 用于场地卫生清理
排 水	雨水及废水通过地表下渗, 不设集中排水系统

## 4 技术、经济、工期比较

1) 技术比较: 总平面指标见指标对比表11。从表11可见, 简约化变电站的占地面积及道路面积指标比110B-G2a方案有大幅降低, 虽然硬化与绿化面积略有提高, 但却对运维及取消排水系统有利。

表11 总平面指标对比表

Tab. 11 Contrast of total plane index

项目	110B-G2a	方案一	方案二	方案一、方案二 占110B-G2a的比例
占地面积	1 023 m <sup>2</sup>	574 m <sup>2</sup>	589 m <sup>2</sup>	约 57%
道路面积	390 m <sup>2</sup>	69 m <sup>2</sup>	68 m <sup>2</sup>	约 18%
硬化+绿化	332 m <sup>2</sup>	370 m <sup>2</sup>	380 m <sup>2</sup>	约 114%

除指标得到优化外, 由于采用主变基础箱体代替主变基础、采用成品油罐代替事故油池、采用钢平台加预制舱替代了配电装置楼、设备底座抬高降低了场地平整难度、取消了全站水消防系统及气体

灭火系统, 使整个变电站各个方面的建设难度得到大幅降低。标准化、模块化的钢平台及主变基础箱体使可复制、易搬迁、可循环利用的变电站成为可能。

2) 工期比较: 根据《南方电网公司基建项目建设指导工期表》, 110B-G2a方案的三通一平完成工期为70天, 土建交安完成工期为170天, 土建工程总工期为240天。

采用进度计划表进行统计, 简约化变电站方案一的土建工程总工期约为69天, 方案二的土建工程总工期为87天。分别节约171天、153天, 分别是110B-G2a方案工期的29%、36%。

3) 经济比较: 排除受场地理位置、地形、地质影响的征地、场地平整、地基处理等费用外, 110B-G2a方案土建工程静态投资指标为639.56万元/台主变。

经统计, 简约化变电站方案一的土建工程静态投资指标为147.99万元/台主变, 方案二的土建工程静态投资指标为145.03万元/台主变。均约等于110B-G2a方案土建工程静态投资指标的23%。

## 5 结论

经电力系统论证、对标分析, 结合预制舱、装配式结构等技术, 本研究提出两种规模的简约化变电站方案, 保证了变电站使用功能, 实现了工程建设难度的大幅降低、工期大幅缩短, 造价的大幅降低, 使可复制、易搬迁、可循环利用变电站成为可能。本研究成果切中各投资主体参与到增量配电网建设时最关注的利益诉求, 研究中所提出的方案具有高度技术优势和经济优势, 为促进增量配电网发展提供了建设方案参考。

### 参考文献:

- [1] 中国南方电网有限责任公司. 南方电网公司 35 kV~500 kV 变电站标准设计 (V2.1) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2018.  
China Southern Power Grid Company Limited. Standard design of South China Power Grid Corp 35 kV~500 kV substation (V2.1) [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2018.
- [2] 由恒远, 屈东明, 孙福鹏. 模块化预制舱式变电站在 110 kV 配网中的应用 [J]. 电气技术, 2016(5): 105-108.  
YOU H Y, QU D M, SUN F P. Modular prefabricated warehouse substation for 110 kV distribution [J]. Technology and

Application, 2016(5): 105-108.

- [3] 曾锐碧, 范绍有. 装配式建筑在变电站中的应用及研究 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊 1): 239-243.  
ZENG R B, FAN S Y. Application and research of the prefabricated building for substation [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp. 1): 239-243.
- [4] 刘建光, 祝昌团. 变电站装配式建筑设计研究与应用 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊 1): 78-83.  
LIU J G, ZHU C T. Research and application of prefabricated substation architectural design [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp. 1): 78-83.
- [5] 中华人民共和国建设部. 火力发电厂与变电站设计防火规范: GB 50229—2006 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.  
Ministry of Construction of the People's Republic of China. Code or design of fire protection for fossil fuel power plants and substations: GB 50229—2006 [S]. Beijing: China Planning Press, 2007.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范: GB 50016—2014 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.  
Ministry of housing and urban-rural development of People's Republic of China. Code for fire protection design of buildings: GB 50016—2014 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 变电站总布置与设计技术规程: DL/T 5056—2007 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

National Development and Reform Commission. Technical code of general plan design for substation: DL/T 5056—2007 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.

- [8] 张贤超, 尹健, 池漪. 透水混凝土性能研究综述 [J]. 混凝土, 2010(12): 47-50.  
ZHANG X C, YIN J, CHI Y. Summary of performance for pervious concrete [J]. Concrete, 2010(12): 47-50.

#### 作者简介:



ZHANG J

#### 张杰(通信作者)

1985-, 男, 湖南常德人, 深圳供电局有限公司工程项目评审中心(规划建设研究中心)设计评审部副主管, 工程师, 清华大学电气工程及其自动化专业工学学士、电气工程领域工程硕士, 主要从事电网规划研究、工程项目设计评审工作(e-mail)16018843@qq.com。

#### 黄满华

1979-, 男, 广东深圳人, 广东天联电力设计有限公司土建部副主任/高级工程师, 汕头大学结构工程硕士, 主要从事变电站工程土建方面的研究及设计(e-mail)48020404@qq.com。

(责任编辑 李辉)



500 kV 水乡变电站