

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2017.05.010

# 常宁 110 kV 新一代智能变电站优化设计

吕诗如<sup>1</sup>, 李 勇<sup>2</sup>

(1. 湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007; 2. 湖南送变电勘察设计咨询有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** 为了响应对新一代智能变电站“标准化设计、工厂化加工、模块化建设、机械化施工”的建设要求, 基于变电站站址自身的特点, 主要通过对总平面布置和配电装置进行改进, 对常宁某 110 kV 变电站进行了优化设计, 并与常规方案进行了对比。研究表明: 变电站经优化后, 其占地面积为常规方案面积的 32%; 站内建筑面积为 0 m<sup>2</sup>, 较常规方案减少了 551 m<sup>2</sup>; 优化后变电站的动态总投资较常规方案减少了 434.95 万元, 为常规方案的 81%。

**关键词:** 智能变电站; 优化设计; 配电装置; 紧凑型布置

**中图分类号:** TM63

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2017)05-0059-06

## Design of an Optimized 110 kV Intelligent Substations in Changning City

LÜ Shiru<sup>1</sup>, LI Yong<sup>2</sup>

(1. School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;  
2. Hunan Electricity Transmission & Transformation Facilities Investigation and Consulting Co., Ltd., Changsha 410000, China)

**Abstract:** In view of the construction requirements of the new-generation intelligent substations, namely “standardized design, industrial processing, modular construction, mechanical construction”, as well as the characteristics of transformer substations, based on an improvements made in its general layout and distribution devices, an optimized design has been proposed for 110 kV intelligent substations in Changning city, followed by a comparison between the proposed design and the conventional scheme. The research results show that the floor space of the optimized transformer substation accounts for only 32% of the conventional one; the building blocks cover an area of 0 m<sup>2</sup>, which decreases by 551 m<sup>2</sup> compared to the conventional scheme. The dynamic total investment of the optimized substation is reduced by 4 349 500 RMB, accounting for 81% of the conventional scheme.

**Keywords:** intelligent substations; optimized design; distribution device; compact layout

土地资源为不可再生资源, 随着社会经济的快速发展, 变电站选址与城乡规划、国土资源部门的矛盾日益突出。优化电气总平面布置, 最基本有效的途径是对总平面布置及配电装置进行优化。已有研究表明: 合理优化变电站总平面及配电装置布置, 可压缩变电站占地面积; 提高围墙内的用地

系数, 可减少土建投资; 通过缩短设备连线、电缆、电缆沟、所内管道、道路等长度, 可提高全寿命周期经济效益<sup>[1]</sup>。

为了响应对新一代智能变电站“标准化设计、工厂化加工、模块化建设、机械化施工”的建设要求, 本研究在参考通用设计的基础上, 结合常宁某 110

**收稿日期:** 2017-03-02

**作者简介:** 吕诗如(1994-), 女, 湖南娄底人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力网络自动化技术及应用, E-mail: 512937214@qq.com

**通信作者:** 李 勇(1970-), 男, 湖南长沙人, 湖南送变电勘察设计咨询有限公司高级工程师, 主要研究方向为变电站一次设计, E-mail: 1245569345@qq.com

kV 变电站站址自身特点, 对其进行优化设计。从变电站总平面布置、配电装置型式两方面对其进行了总体设计, 并通过与常规方案的各项技术指标进行比较分析, 探究了设计方案的经济性, 以实现对该变电站的优化, 并为类似变电站的优化设计提供理论参考。

## 1 变电站总平面布置优化

### 1.1 站址基本情况与工程建设规模

1) 站址基本情况。本站址位于常宁市市区南三环以南 300 m (南三环还未延伸至站址附近), 县道 X078 西侧, 地名为常宁市板桥镇新桥村后山组, 站址距京珠高速复线 (岳临高速) 8 km。该站址为丘陵地形, 西侧为已投产油茶树林, 站址建设需占用部分油茶林, 树距 2 m, 且场地内高差较大, 东低西高; 站址南侧有一小山谷, 最大高差直降 2~3 m, 自然高程为 95~105 m, 且该侧 40 m 处为常宁市泉峰街道办事处 (一栋二层建筑物); 站址北面为一座近两年未开工过的石灰厂; 站址东侧为县道 X078。站址处有三条架空通信线路穿过。变电站排水根据地形及现场情况, 需排至站址南侧 120 m 外农田灌溉水渠内。站址视野较为开阔, 进出线方便。根据国土资源局调查, 该站址场地为一般农田和林地。

2) 工程地质情况。站址规划范围内无不良地质现象和人文古迹, 无压覆矿场现象, 适合选作变电站建设用地。

3) 工程建设规模。按系统规划要求, 本研究中常宁某 110 kV 变电站的具体建设规模见表 1。

表 1 常宁某 110 kV 变电站建设规模一览表

Table 1 Table of 110 kV substation construction scale in Changning city

序号	名称	本期规模	终期规模
1	主变压器	1 × 50 MVA	3 × 50 MVA
2	110 kV 出线	2 回	4 回
3	35 kV 出线	5 回	6 回
4	10 kV 出线	4 回	24 回
5	低压容性无功补偿装置	1 × (4.8+3.6) Mvar	3 × (4.8+3.6) Mvar

注: 本期规模和终期规模中选取不同的低压容性无功补偿装置, 但不装设低压感性无功补偿装置。

### 1.2 环境条件

变电站站址的环境条件如下: 海拔高度低于 1 000 m; 极端最高气温为 40.8 °C, 极端最低气温为 -7.9 °C; 历年平均气温为 17.9 °C, 历年最大风速为 25 m/s; 地震烈度不高于 6 度; 污秽等级为 III 级。

### 1.3 常规与优化电气总平面布置对比

#### 1.3.1 常规电气总平面布置

常规方案的电气总平面布置见图 1。

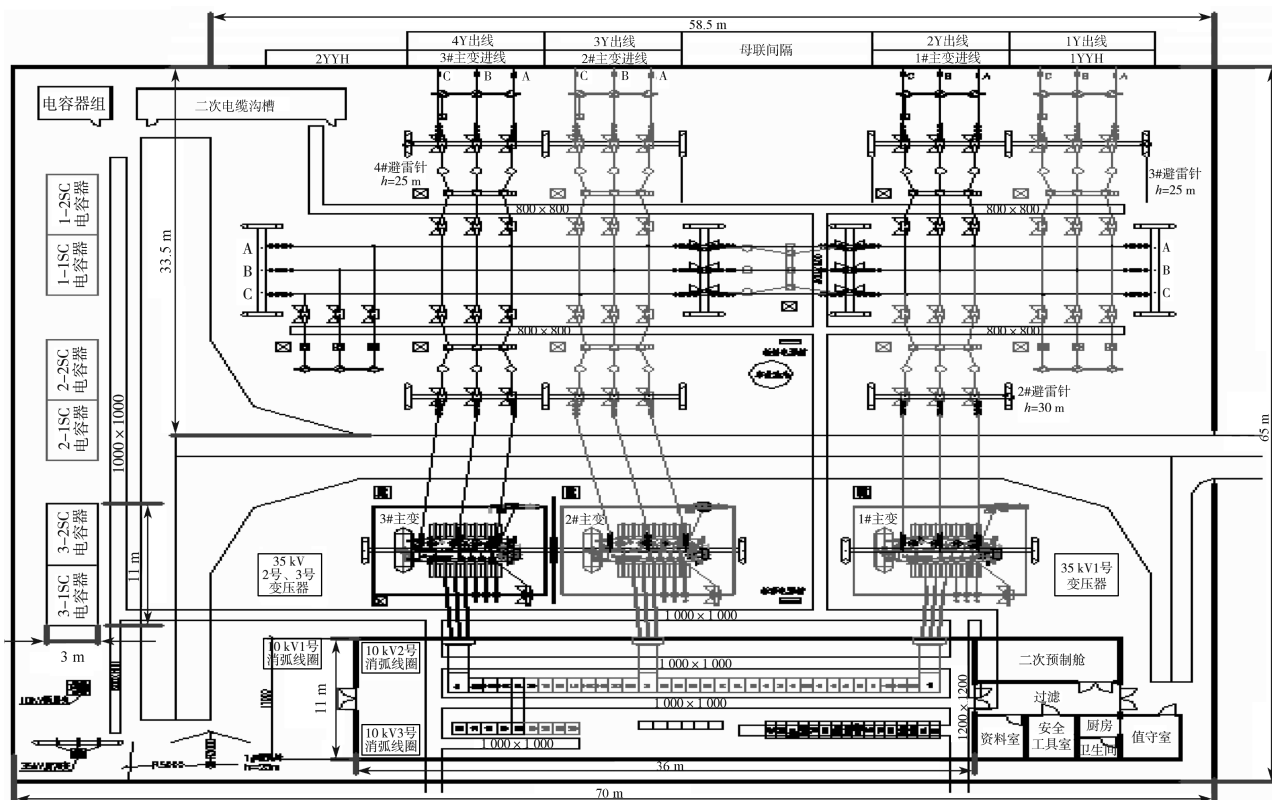


图 1 常规方案电气总平面布置图

Fig. 1 A general layout of the conventional electrical program

本工程中的常规方案采用《国家电网公司输变电工程通用设计 110(66) 智能变电站模块化建设》(2015

年版)中的C-8方案。该方案中,110 kV 配电装置布置在站区北侧,采用户外 AIS 设备普通中型双列布置,朝北架空出线4回,二次设备室与蓄电池室布置在站区北侧。35, 10 kV 配电装置室、二次设备室、资料室、安全工具室及值守室组成生产综合室,布置在站区南侧,且该配电装置室采用户内开关柜双列布置,其中35 kV 全电缆出线6回,10 kV 全电缆出线24回。主变压器室布置于生产综合楼与110 kV 配电装置之间,电容器组布置在站区西侧。

由图1可知常规方案中各电压等级配电装置如下:110 kV 配电装置采用户外瓷柱式断路器双列式布置,且其尺寸大小为 $58.5\text{ m}\times 33.5\text{ m}$ ( $1\,959.75\text{ m}^2$ );35 kV 及10 kV 配电装置均采用户内开关柜布置于同一配电室,其尺寸为 $36\text{ m}\times 11\text{ m}$ ( $396\text{ m}^2$ );10 kV 电容器采用框架式成套装置,其尺寸为 $11\text{ m}\times 3\text{ m}$ ( $33\text{ m}^2$ )。变压器的电气总占地面积为 $4\,550\text{ m}^2$ 。

### 1.3.2 优化方案的总平面布置

电器总平面布置的优化设计方案如图2所示。

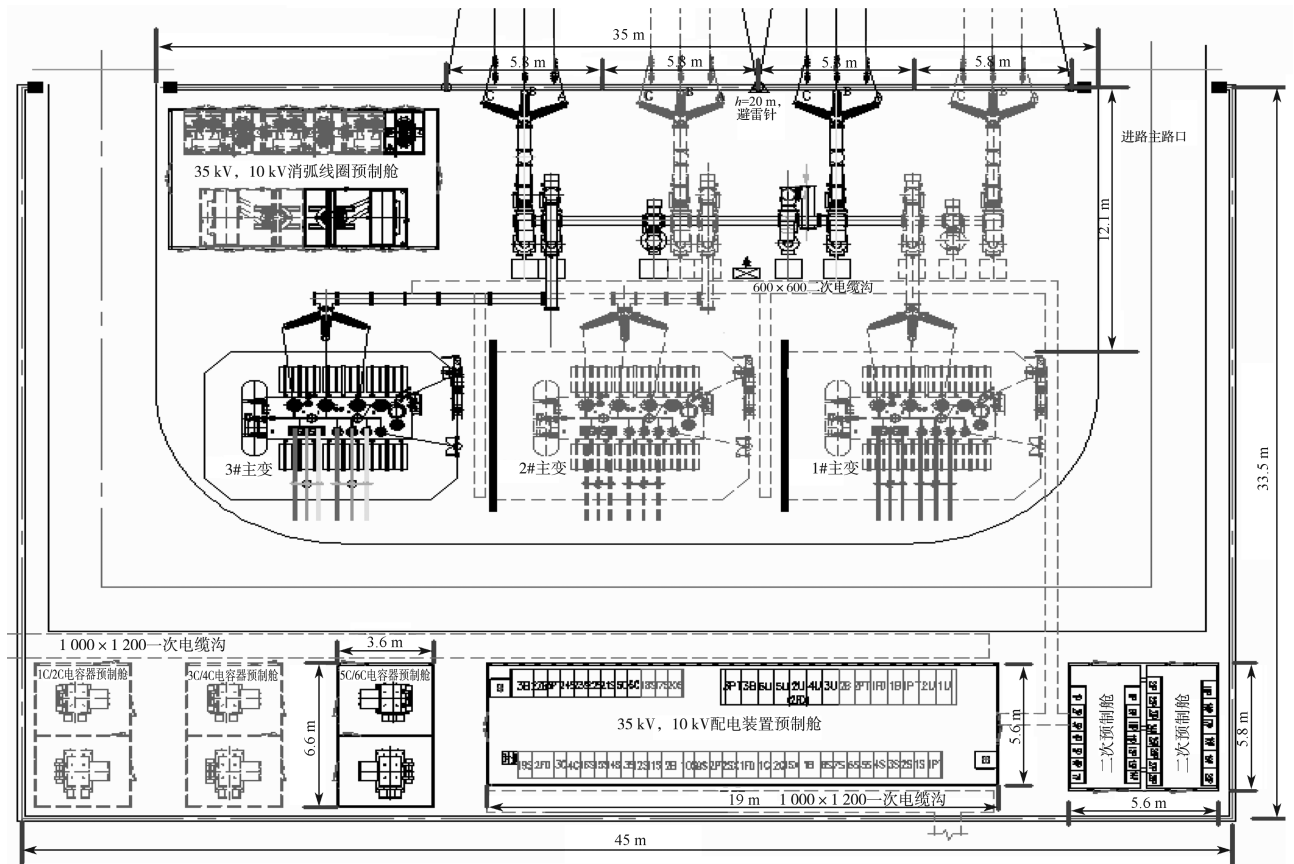


图2 优化后的电气总平面布置图

Fig. 2 A general layout after electrical optimization

对比图1和2可以得知,除主变及110 kV 配电装置外,其余设备均采用预制舱,各电压等级配电装置如下:110 kV 采用户外 GIS 单列布置,消弧线圈舱布置于110 kV GIS 场地,占地 $35\text{ m}\times 12.1\text{ m}$ ( $423.5\text{ m}^2$ );35, 10 kV 配电装置采用一体式预制舱,舱体尺寸为 $19\text{ m}\times 5.6\text{ m}$ ( $106.4\text{ m}^2$ ),舱内35 kV 开关柜单列布置、10 kV 开关柜双列布置;10 kV 电容器舱体尺寸为 $6.6\text{ m}\times 3.6\text{ m}$ ( $23.8\text{ m}^2$ )。变压器的电气总占地面积为 $1\,507.5\text{ m}^2$ 。

优化后的方案整体布置紧凑合理,站内总建筑面积为 $0\text{ m}^2$ ,围墙内总占地面积仅 $1\,507.5\text{ m}^2$ ,节约了 $3\,042.5\text{ m}^2$ ,约减少了66.9%。

## 2 配电装置型式设计的基本原则及优化方案

### 2.1 配电装置选型优化基本原则

配电装置的型式主要由主接线型式、站址的地形条件、出线方向、施工条件等因素决定。其选取的基本原则包括<sup>[2-3]</sup>:1)节约用地;2)运行安全和操作巡视方便;3)便于检修和安装;4)节约三材(钢材、水泥、木材),降低造价;5)根据地形地质情况,因地制宜,尽量减少土石方量;6)出线方便,应尽量避免线路交叉跨越,当不可避免时,力求做到交叉跨越最少<sup>[3]</sup>。

## 2.2 配电装置优化方案

### 2.2.1 110 kV 配电装置优化

常规方案中, 110 kV 配电装置采用户外 AIS 普通中型双列布置方案, 横向尺寸为 52 m, 纵向尺寸为 30 m, 选用架空出线方式, 占地面积较大。该变

电站站址位于常宁市市区南三环以南 300 m, 为城市建设用地, 通过技术及经济比较, 本设计推荐 110 kV 配电装置采用户外 GIS 设备双列布置, 具体配电装置对比如图 3~4 所示。

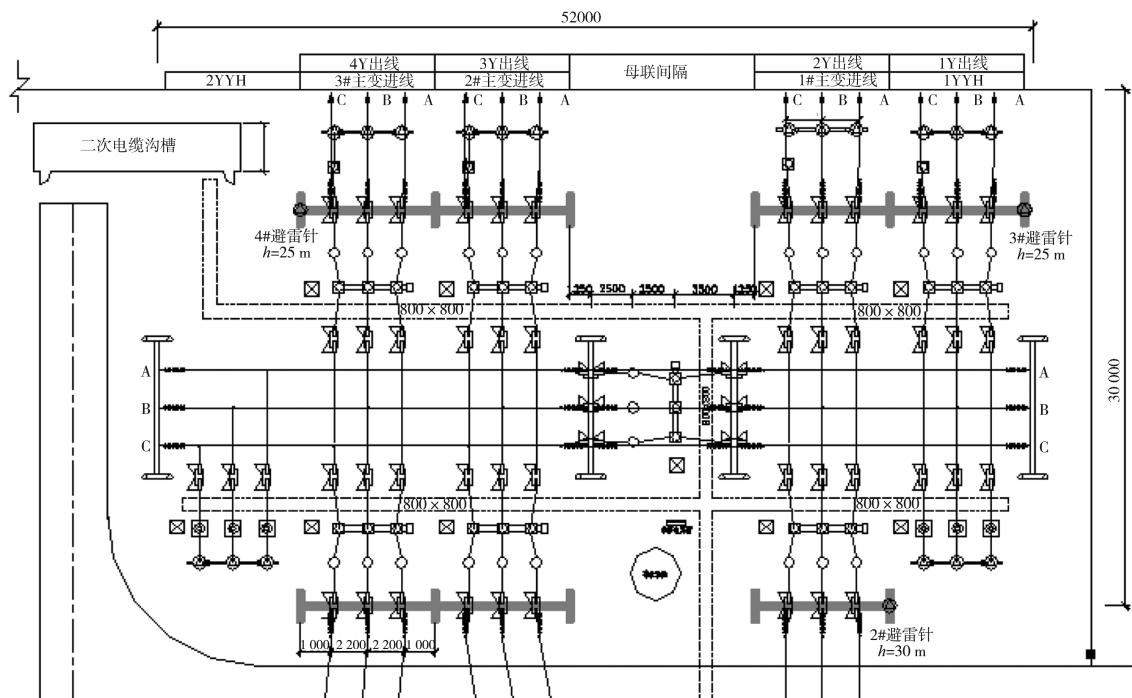


图 3 优化前 110 kV AIS 配电装置

Fig. 3 Chart of the 110 kV AIS distribution devices before optimization

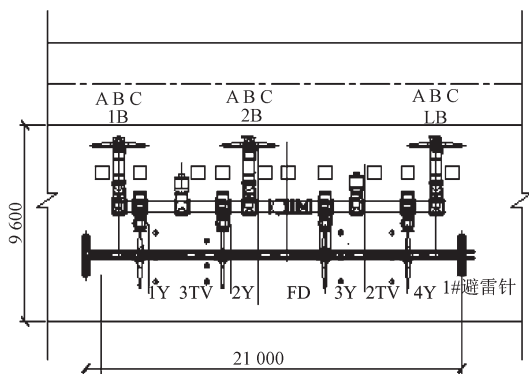


图 4 优化后 110 kV GIS 配电装置

Fig. 4 Chart of the 110 kV GIS distribution devices after optimization

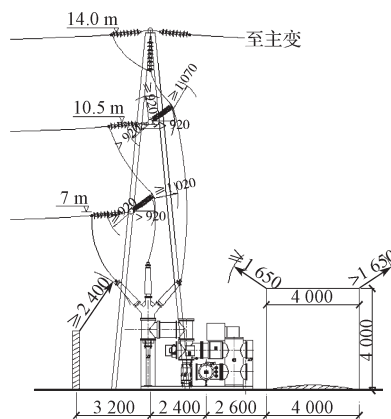


图 5 110 kV GIS 立式出线图

Fig. 5 GIS vertical line diagram for 110 kV substation

#### 1) 技术方案比较

通过对 110 kV GIS 配电装置进行优化, 相较于国家电网公司输变电工程 110 (66) kV 智能变电站模块化建设通用设计 (2015) 版中的 A1-2 方案, 变电站配电装置的横向尺寸由 30 m 优化为 21 m, 纵向尺寸由 12.5 m 优化为 9.6 m, 所占面积约为通用设计方案的 54%; 110 kV 配电装置采用 GIS 立式架空出线方式 (如图 5 所示)。

整个配电装置区的横向尺寸由常规方案的 52.0 m 减少为 21.0 m, 纵向尺寸由 30.0 m 减少为 9.6 m, 减少占地面积 1 358 m<sup>2</sup>, 仅约为常规方案的 13%, 优化效果明显。取消 110 kV 主变进线门型架, 全站仅用 1 个宽 21 m 的门架取代常规方案中进出线门架及母线构架, 可减少钢材 33 t, 节约投资 50 万元。

#### 2) 经济比较分析

优化前后 110 kV 配电装置主要技术指标见表 2。

表 2 110 kV 配电装置主要技术指标

Table 2 Key technical indicators for 110 kV power distribution devices

设备方案	设备 / 万元		占地 面积 / m <sup>2</sup>	场地 平整 / m <sup>3</sup>	钢材 消耗 / t
	购置费	安装费			
A 常规 AIS	106.19	8.90	1 560	3 000	48
B 优化 GIS	197.11	11.59	201.6	500	15
减少费用 / 万元	-90.92	-2.69	30.5	3.75	50

比较表 2 中两方案的技术参数, 可以得知 110 kV 配电装置采用 GIS 设备布置后, 其占地面积减少了 1 358.4 m<sup>2</sup>, 约为常规占地面积的 13%。通过经济对比分析, 采用 GIS 设备较 AIS 设备仅增加投资 9.38 万元, 但 GIS 气体绝缘全金属封闭开关设备不仅供电可靠性高, 使用寿命周期长, 免维护, 且有效地节约了不可再生的土地资源, 节约了钢材损耗, 充分响应了智能变电站“两型一化”的建设理念<sup>[4-6]</sup>。因此,

110 kV 配电装置推荐采用户外 GIS 方案。

2.2.2 35 kV 及 10 kV 配电装置优化

按照国网“标准化设计、工厂化加工、模块化建设、机械化施工”的建设原则, 本站 35, 10 kV 配电装置、主控室、蓄电池室等辅助建筑均采用一体化预制舱, 全站实现零建筑, 极大地压缩了变电站围墙内占地面积<sup>[7-9]</sup>。

1) 技术方案比较

常规方案建筑如图 6 所示, 将 35, 10 kV 配电装置、二次设备室及辅助功能用房布置在一栋综合生产楼内。此外, 单独设 1 个 13 m<sup>2</sup> 的蓄电池室及 34 m<sup>2</sup> 的二次预制舱, 总占地面积为 551 m<sup>2</sup>, 35 kV 及 10 kV 配电装置占地 396 m<sup>2</sup>, 二次设备室及辅助功能用房占地面积为 108 m<sup>2</sup>。

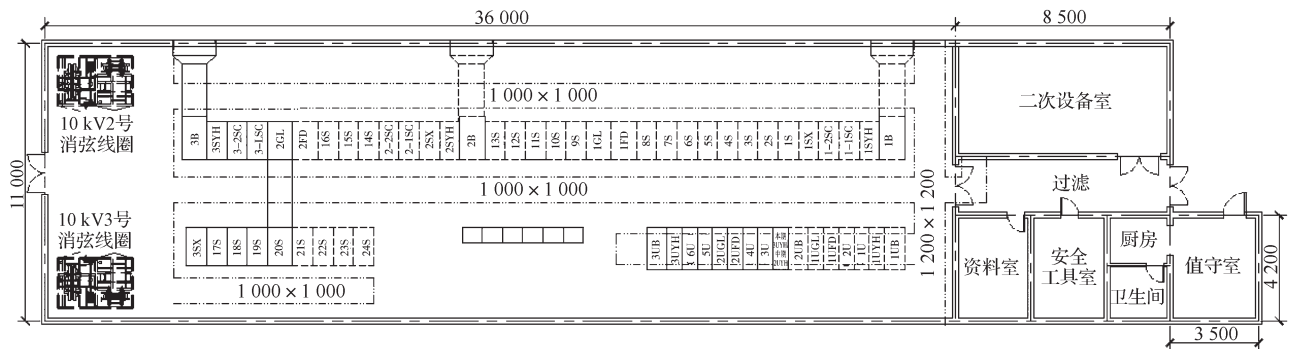
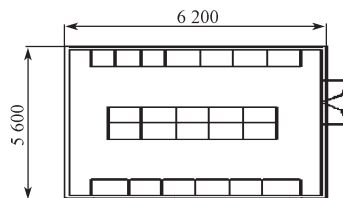


图 6 常规方案建筑图

Fig. 6 An architectural layout of the conventional scheme

优化方案 35 kV 预制窗平面布置见图 7, 全站 35, 10 kV 配电装置、主控室、蓄电池室等辅助建筑均采用一体化预制舱, 35 kV 及 10 kV 预制舱占地面积为 246 m<sup>2</sup>, 减少占地面积 150 m<sup>2</sup>, 为常规方案的 62%; 主控室及辅助功能预制舱占地面积 55 m<sup>2</sup>, 减少占地面积 53 m<sup>2</sup>, 为常规方案的 51%。



c) 主控室

图 7 35 kV 预制舱平面布置图

Fig. 7 35 kV prefabricated cabin layout

2) 经济比较分析

优化前后的 35, 10 kV 配电装置主要技术指标见表 3。

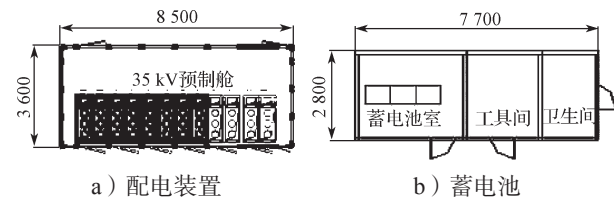
表 3 35 kV 及 10 kV 配电装置主要指标

Table 3 Key technical indicators for 35 kV and 10 kV power distribution devices

项 目	设备购置费 / 万元			设备安装费 / 万元			房屋 建筑费 / 万元	占地 面积 / m <sup>2</sup>	场地 平整 / m <sup>3</sup>
	35 kV 设备	10 kV 设备	二次设备	35 kV 设备	10 kV 设备	二次设备			
常规建筑物方案 A	188.51	88.61	343.34	6.2	3.88	16.3	218.51	1 560.0	3 000
预制舱方案 B	210.46	161.41	384.65	0	0	0	0	201.6	500
减少费用 / 万元	-21.95	-72.8	-41.31	6.2	3.88	16.3	218.51	30.5	3.75

通过对表 3 中不同方案间的数据进行比较, 本站 35, 10 kV 配电装置、主控室、蓄电池室等辅助建

筑均采用一体化预制舱, 虽然设备费用增加了约 136 万元, 但设备安装调试、征地、场地平整及房屋建筑



a) 配电装置

b) 蓄电池

等费用相应减少了约 279 万元,因而总投资较常规方案减少了约 143 万元。且全站实现零建筑,响应了“标准化设计、工厂化加工、模块化建设、机械化施工”的建设要求,减少了现场“湿”作业和现场设备调试及安装,缩短了施工周期<sup>[10-12]</sup>。

### 3 结论

本优化设计主要通过优化变电站总平面布置,合理布局,减少辅助建筑物,并紧凑化布置配电装置、采用小型化设备,节约了变电站占地面积。

1) 设计 110 kV 配电装置采用 GIS 立式架空出线方式,大大压缩了 110 kV 配电装置横向尺寸。

2) 35, 10 kV 配电装置、主控室、蓄电池室等辅助建筑均采用一体化预制舱,实现全站零建筑。

3) 优化后总平面围墙内尺寸为 36 m × 40 m,较常规方案的 65 m × 70 m,节约土地 3 110 m<sup>2</sup>,优化后的占地面积仅为常规方案的 32%;建筑占地面积为 0 m<sup>2</sup>,较常规方案减少了 551 m<sup>2</sup>;

4) 优化后的变电站总投资 1 866.86 万元,较常规方案减少了 434.95 万元,约为常规方案的 81%。

可见,该优化设计满足新一代智能变电站“标准化设计、工厂化加工、模块化建设、机械化施工”要求,所提优化方案不仅实现了紧凑型布置且降低了工程造价,充分体现了建设资源节约型变电站的要求,对类似的优化设计具有一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 卢欣红. 110 kV 变电站优化设计[J]. 电网建设, 2010, 37(9): 16-17.  
LU Xinhong. The Optimum Design of 110 kV Substation[J]. Power Grid, 2010, 37(9): 16-17.
- [2] 罗兰凤. 220 kV 变电站总平面布置的优化设计[J]. 企业科技与发展, 2008(20): 116-118.  
LUO Lanfeng. The Optimum Design of Plane Layout for 220 kV Substation[J]. Enterprise Science and Technology and Development, 2008 (20): 116-118.
- [3] 刘然. 变电站平面布置设计的一些优化[J]. 电气技术, 2016, 6(4): 142-145.  
LIU Ran. Optimization of Substation Layout Design[J]. Electrical Engineering, 2016, 6(4): 142-145.
- [4] 马少仕. 浅析 110 kV 变电站设计方案优化[J]. 科技与创新, 2014 (20): 49-50.  
MA Shaoshi. Analysis of 110 kV Substation Design Optimization[J]. Science and Technology & Innovation, 2014 (20): 49-50.
- [5] 陈燕华. 小型化 GIS 设备在某 220 kV 户内变电站优化设计中的应用[J]. 福建建设科技, 2013(5): 74-76.  
CHEN Yanhua. Application of Minimized GIS Equipment in a 220 kV Indoor Substation Design Optimization[J]. Fujian Construction Science & Technology, 2013(5): 74-76.
- [6] 史京楠, 胡君慧, 黄宝莹, 等. 新一代智能变电站平面布置优化设计[J]. 电力建设, 2014, 35(4): 31-37.  
SHI Jingnan, HU Junhui, HUANG Baoying, et al. Layout Optimization Design of New Generation Smart Substation[J]. Electric Power Construction, 2014, 35(4): 31-37.
- [7] 彭鹄, 田娟娟, 陈燕, 等. 重庆大石 220 kV 新一代智能变电站优化设计[J]. 电力建设, 2013, 34(7): 30-36.  
PENG Hu, TIAN Juanjuan, CHEN Yan, et al. Optimization Design of Chongqing Dashi 220 kV New Generation Smart Substation[J]. Electric Power Construction, 2013, 34(7): 30-36.
- [8] 任万华. 35 kV 变电站智能化改造存在的问题及优化方案探讨[J]. 电子测试, 2017, 5(1): 102-104.  
REN Wanhua. 35 kV Substation Problems and Optimization Design Under Exploration[J]. Electronic Test, 2017, 5(1): 102-104.
- [9] 杨洋, 李祥飞, 王星. 株洲茶陵城关 110 kV 变电站优化设计[J]. 湖南工业大学学报, 2016, 30(3): 37-42.  
YANG Yang, LI Xiangfei, WANG Xing. Optimized Design of 110 kV Substations in Chengguan District of Chaling County[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2016, 30(3): 37-42.
- [10] 郭金龙, 肖强晖, 陈杰. 110 kV 变电站中 GIS 双层出线方案研究[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(5): 62-66.  
GUO Jinlong, XIAO Qianghui, CHEN Jie. Research on GIS Double Outlet Schemes of 110 kV Substation[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(5): 62-66.
- [11] 湛森军, 肖强晖, 刘春. 35 kV 及 10 kV 环保型气体绝缘开关柜的应用研究[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(6): 53-57.  
CHEN Miaojun, XIAO Qianghui, LIU Chun. Application of 35 kV and 10 kV Environmental-Friendly Gas-Insulated Switchgear[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(6): 53-57.
- [12] 徐彬鑫, 李祥飞, 黎德. 变电站三维立体接地网的研究与应用[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(6): 58-63.  
XUN Binxin, LI Xiangfei, LI De. Research and Application of 3D Grounding Grid in Substation[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(6): 58-63.

(责任编辑: 廖友媛)