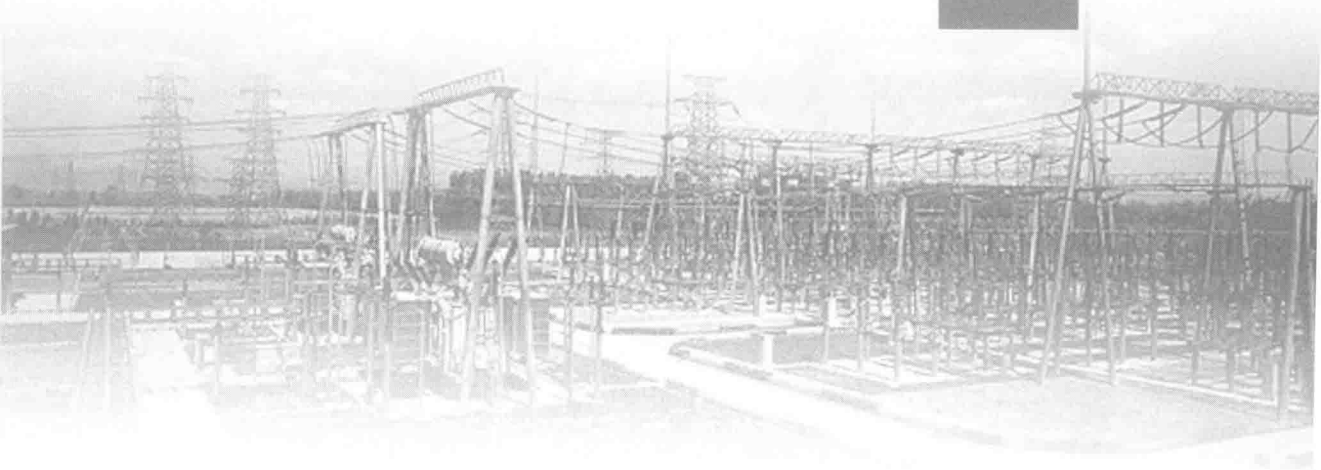


输变电专业技术及应用论文集（2015年版）

变电部分



“双飞蜓”式 GIS 架空垂直出线在 新一代智能变电站的研究与应用

高美金¹, 高亚栋², 陈 飞², 金国胜²

(1. 国网浙江省电力公司经济技术研究院, 浙江省杭州市 310001;

2. 浙江华云电力工程设计咨询有限公司, 浙江省杭州市 310014)

摘 要:新一代智能变电站以“系统高度集成、结构布局合理、装备先进适用、经济节能环保、支撑调控一体”为建设目标,通过整体集成设计,优化变电站主接线和总平面布局。为充分响应上述建设目标,在不选用小型化 GIS 等紧凑型设备的前提下,创新出线方式,提高变电站整体设计水平,节约土地资源,体现先进设计理念。我们创新性提出了“双飞蜓”式户外 GIS 设备垂直出线方式,采用独立钢管杆双回垂直架空出线,压缩间隔宽度,大幅减少变电站占地面积,提高土地利用率。

关键字:新一代智能变电站; GIS; 垂直出线; 间隔宽度; 占地面积

0 引言

新一代智能变电站是一项革命性的技术创新,将成为变电站建设与发展的转折点。国家电网公司对此高度重视,2013 年试点建设并投运了北京 220kV 未来城变电站等 6 座新一代智能变电站示范工程。新一代智能变电站以“集成化智能设备+一体化业务平台+模块化建设模式”应用为特征,通过整体集成设计,优化变电站整体方案。

GIS 设备以其布置紧凑、免(少)维护、运行可靠性高、占地面积小等优点而被广泛应用。户外 GIS 设备一般采用全架空出线,但是目前常规户外 GIS 出线一般采用 A、B、C 三相水平排列,构架采用人字形构架一字排开。目前国家电网公司通用设计中 220kV 出线间隔宽度为 12m,110kV 出线间隔宽度为 7.5m,在电气布置上,GIS 配电装置的占地面积依然是其中的“长板”,并没有充分发挥 GIS 设备布置紧凑的优势,仍旧制约着变电站的整体布局。需要进一步优化 GIS 设备出线方式,减小出线间隔宽度,将配电装置布置得更紧凑,最大限度地节约土地,提高土地的利用率,提高变电站整体设计水平,节约土地资源,体现先进设计理念。

1 GIS 配电装置常规出线方案

1.1 220kV GIS 配电装置常规出线方案

常规户外布置的 220kV GIS 配电装置,导线三相水平排列,其间隔的宽度由导线和设备的相间距离和边相对构架中心线间距离决定。水平布置的导线中心间距由导线因风或者短路电动力的作用产生不同步摆动而相互接近后需要保持的最小电气距离决定,

根据国内外的运行经验, 220kV 相间最小电气间隙距离是由操作过电压控制, 对于中性点接地的 220kV 电压等级, 最小电气间隙距离为 2.0m。

220kV GIS 配电装置户外布置采用一字排列, 线路终端塔采用双回路塔, 并辅以减小进出线弧垂、跳线和引下线加装悬垂绝缘子串等措施缩减间隔宽度, 设备套管相间距离一般为 3~3.5m, 相邻间隔套管距离为 6m, 导线相间距 3.75m, 边导线与门构中心距 2.25m, 相邻间隔导线距离为 4.5m, 架空出线, 2 回出线共用一跨出线构架, 出线门构宽度 24m, 单间隔宽度为 12m。如图 1 所示。

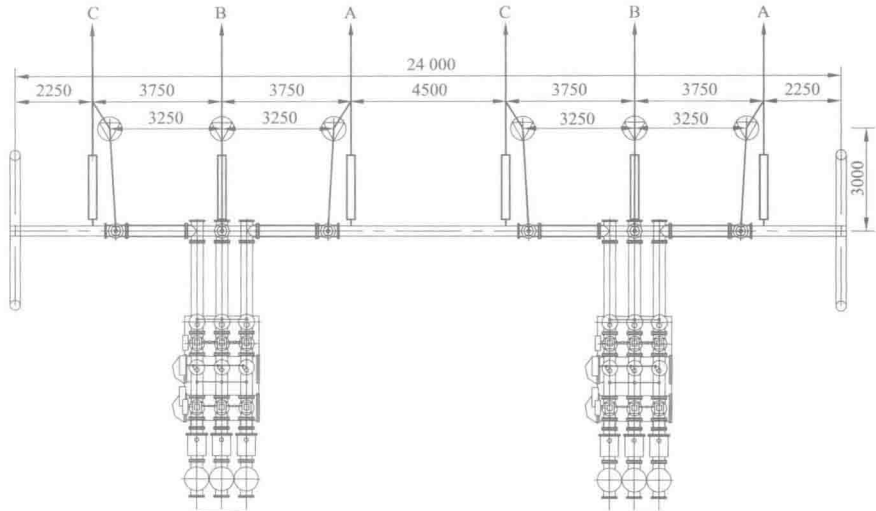


图 1 220kV GIS 架空出线间隔平面图（一字排列）

Fig. 1 Interval planar graph of 220 kV GIS overhead outgoing line (arrangement in one line)

1.2 110kV GIS 配电装置常规出线方案

常规 110kV GIS 配电装置户外布置同样采用一字排列, 设备套管相间距离一般为 2m, 出线门构宽度 7~8m, 导线相间距 2.25m, 边导线与门构中心距 1.5~2m, 2 回出线共用一跨出线构架, 间隔宽度 7.5m。如图 2 所示。

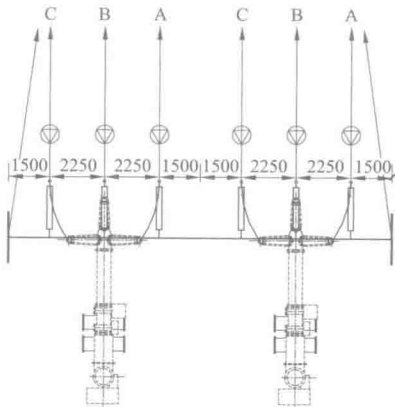


图 2 110kV GIS 架空出线间隔平面图（一字排列）

Fig. 2 Interval planar graph of 110kV GIS overhead outgoing line (arrangement in one line)

2 220kV 垂直出线方案研究

对于户外 GIS 配电装置，在进行配电设备尺寸设计及优化时，一方面应保证设备和导线的相间距离及对地尺寸，满足绝缘配合要求的最小电气距离，避免造成威胁系统安全运行的隐患；另一方面要考虑为安装和检修提供方便，注意满足相邻间隔电气设备检修时安全距离的要求。

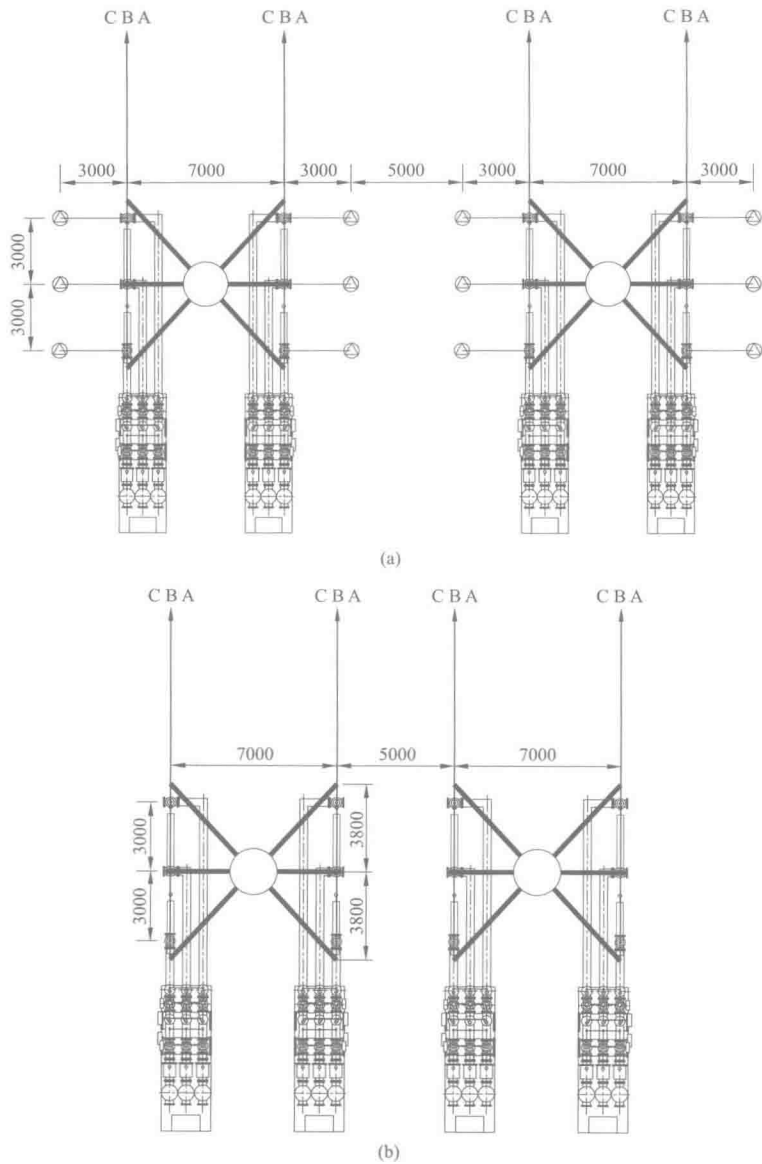


图 3 220kV GIS 架空垂直出线间隔平面图

(a) 避雷器外置；(b) 避雷器内置

Fig. 3 Interval planar graph of overhead vertical-outgoing line of 220 kV GIS

(a) external lightning arrester; (b) built-in lightning arrester

针对以上问题,研究发明了“双飞蜓”式双回架空垂直排列出线方式。将 220kV GIS 设备出线其中两相 GIL 管线延伸并转弯,使三相套管按垂直于主母线纵方向一字排列,同时将出线构架简化为一根独立钢管杆,设置上、中、下三层横担,两个间隔的三相导线通过独立钢管杆横担挂点引至上、中、下三层,同杆双回垂直出线。通过以上优化措施,220kV GIS 出线间隔宽度大大减小,结构简单清晰。线路避雷器采用 GIS 设备内置时,220kV 单回垂直式出线间隔宽度可优化为 6.0m,避雷器采用外置时,220kV 单回垂直式出线间隔宽度可优化为 9.0m,220kV GIS 架空垂直出线间隔平面图见图 3,出线示意图见图 4,效果图见图 5。

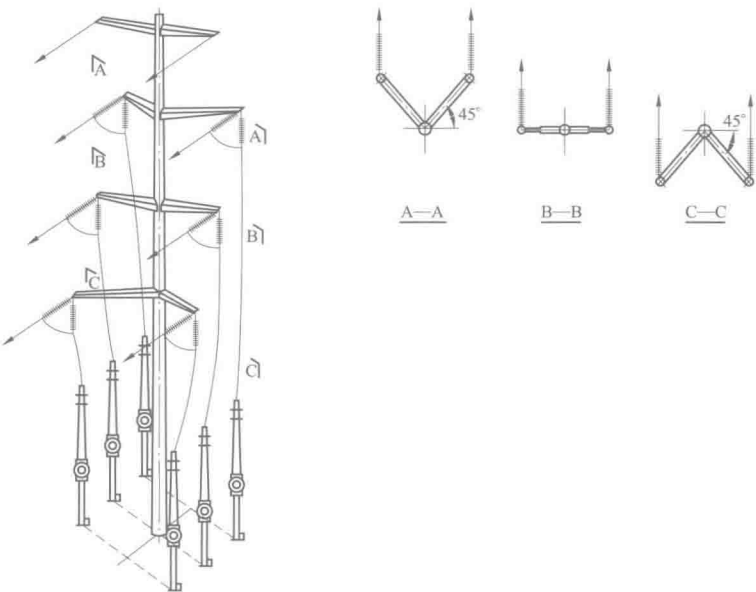


图 4 双飞蜓式构架出线示意图
Fig. 4 Illustration of the double-flying dragon fly outgoing line

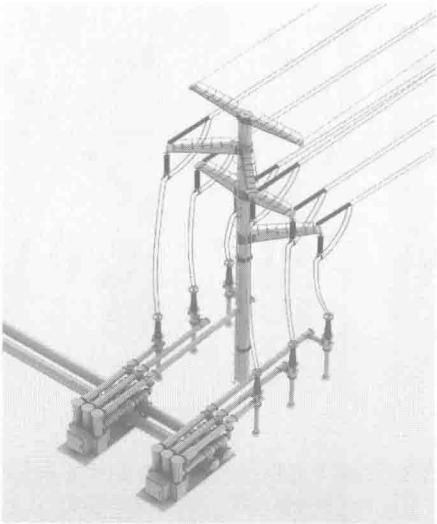


图 5 220kV GIS 架空垂直出线效果图
Fig. 5 Effect diagram of overhead vertical-outgoing line of 220kV GIS

2.1 电气距离校验

针对此出线方式，根据 DL/T 5352—2006《高压配电装置设计技术规程》要求，国网浙江省电力公司经济技术研究院对终端塔与钢管杆立柱之间各回线路的相间与线间距离以及 GIS 设备电气距离进行了同间隔相间距离、对地距离、不同间隔相间距离、构架上人检修距离 4 个部分的校验，得出 220kV 双飞蜓垂直出线方式主要尺寸，具体尺寸见表 1。

表 1 220kV 双飞蜓出线方式主要尺寸一览表
Tab. 1 List of the main sizes of 220kV double-flying dragonfly outgoing line

项目\方案	220kV 常规水平出线方式	220kV 垂直式出线方式 (避雷器内置)	220kV 垂直式出线方式 (避雷器外置)
间隔宽度 (m)	12	6	9
设备相间距离 (m)	3	3	3
横担挂点水平距离 (m)		3.8	3.8
下层横担挂点高度 (m)	14	9	9
中层横担挂点高度 (m)	—	14	14
上层横担挂点高度 (m)	—	19	19
地线柱高度 (m)	18	23	23
配电装置纵向 (m)	26	27.5	27.5

2.2 线路终端塔适应性分析

220kV 出线采用垂直式出线布置，构架中心至中心间距 18m。每个构架分左右出线 2 回，每回出线三相导线采用垂直排列，垂直间距 5m。避雷线与最上层导线垂直间距 4m。基于 220kV 出线间隔采用 1 个独立钢管杆 2 回垂直式出线，站外 220kV 出线终端塔也应采用双回路导线呈左右对称垂直式排列的鼓形塔，鼓形塔上各相导线的布置方式正好与出线钢管杆一一对应。经校核，也可满足档距中央导地线间距不小于 $0.012L+1$ 的防雷保护要求。

2.3 模块化设计

采用垂直出线方式，在具体总平面布置时可以根据实际情况线路导线相序采用“模块化”拼接设计理念。1 个 GIS 出线间隔组成 1 个模块，根据相序的不同可以分为 4 种模块，220kV GIS 架空出线间隔模块示意图详见图 6。

- 图 (a) 为模块一，出线钢管杆上中下三层双回导线三相相序为 A、B、C 排列；
- 图 (b) 为模块二，出线钢管杆上中下三层双回导线三相相序为 C、B、A 排列；
- 图 (c) 为模块三，出线钢管杆上中下三层双回导线三相相序为 B、C、A 排列；
- 图 (d) 为模块四，出线钢管杆上中下三层双回导线三相相序为 B、A、C 排列。

以一个钢管杆和两个出线模块为一个单元，根据线路相序不同，选择对应 GIS 出线间隔模块，运用灵活方便。将 GIS 出线间隔各个模块相组合布置，主变压器、母设、母联间隔穿插于模块之间空位，尽可能使主变压器间隔布置整齐统一，总平面布置紧凑合理。

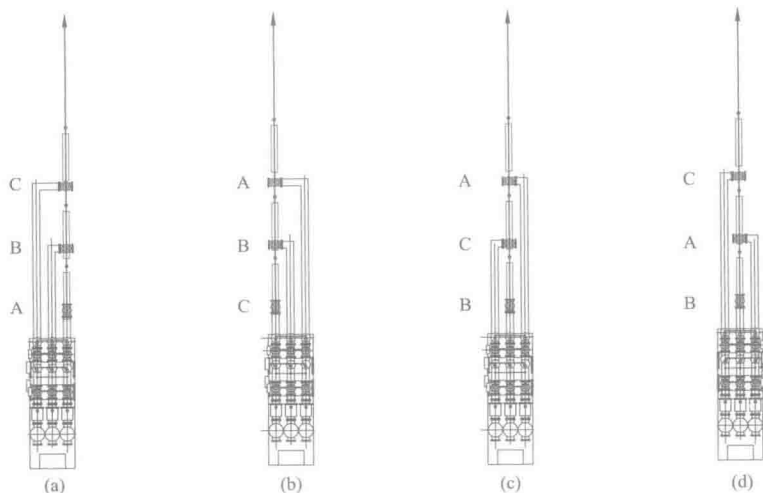


图 6 220kV GIS 架空出线间隔模块示意图

Fig. 6 Interval model illustration of overhead outgoing line of 220 kV GIS

(a) 模块一; (b) 模块二; (c) 模块三; (d) 模块四

2.4 构架设计

根据前述垂直出线的布置形式,按线路专业提供的导线荷载,对出线构架强度和稳定进行分析与计算。结构计算采用 STAAD/China 软件和线路专业 NSA 钢管杆设计系统铁塔结构模块(道亨)分别计算完成,利用有限元分析方法计算内力,并对计算结果进行比较。220kV 出线荷载见表 2,220kV 出线柱主要构件见表 3。独立柱主杆采用分段安装的形式,杆段之间采用法兰或者套接的形式连接,横担与主杆之间采用法兰连接。

表 2

220kV 出线荷载表

Tab. 2

The load table of 220kV outgoing line

工 况		名称			导线			地线		
		档距	载荷 (kN)		2×JL/LHA1-465/210, L=100m			JLB20A-150, L=100m		
					H	R	P	H	R	P
运行工况	最大风速				10	3.65	2.93	5.7	0.97	0.75
	覆冰				9.9	4.72	0.7	7.87	1.68	0.29
	最低气温				7.6	3.65		4.72	0.97	
检修工况	单相上人				7.0	3.65		6.0	0.97	
安装工况	单相紧线				7.77	3.65	0.46	4.84	0.97	0.12

表 3

220kV 出线柱主要构件表

Tab. 3

The main component table of 220kV outgoing line

构件类型	长度 (m)	管 型	钢材牌号
单管柱	25	φ1200~450×8 直缝焊接钢管	Q345

续表

构件类型	长度 (m)	管 型	钢材牌号
钢管梁	3.5	$\phi 245 \times 7$ 直缝焊接钢管	Q345
钢管梁	5.2	$\phi 299 \times 8$ 直缝焊接钢管	Q345
钢管梁	3.5	$\phi 325 \times 8$ 直缝焊接钢管	Q345
钢管梁	5.2	$\phi 426 \times 9$ 直缝焊接钢管	Q345

注 单个独立出线钢管杆材料总重 7t。

3 110kV 垂直出线方案研究

110kV 双飞蜓式垂直出线与 220kV 双飞蜓式垂直出线的原理基本相同，与 220kV 不同的是 110kV 出线分支母线三相一体。经与厂家一起研究，改变了内部结构，将常规的出线套管旋转 90°，使套管 A、B、C 三相一字纵向排列，相间距离为 1.5m。另外，220kV 双飞蜓式出线方案线路避雷器可采用敞开式避雷器，而 110kV 双飞蜓式出线线路避雷器不具备采用敞开式避雷器的条件，可采用悬挂避雷器或 GIS 内置式避雷器。110kV GIS 架空垂直出线间隔平面图见图 7，效果图见图 8，110kV 双飞蜓式布置方案主要尺寸见表 4。

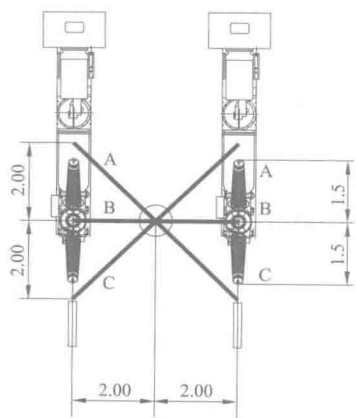


图 7 110kV GIS 架空垂直出线间隔平面图
Fig. 7 Interval planar graph of overhead vertical-outgoing line of 110kV GIS

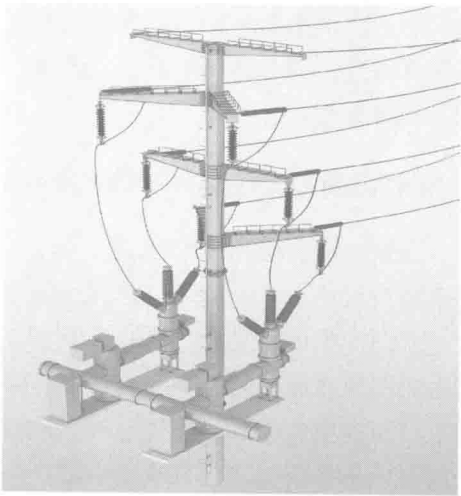


图 8 110kV GIS 架空垂直出线效果图
Fig. 8 Effect diagram of overhead vertical-outgoing line of 110kV GIS

表 4 110kV 双飞蜓式布置方案尺寸表
Tab. 4 Size chart of 110kV double-flying dragonfly layout scheme

项目	方案	110kV 常规水平出线方式	110kV 垂直出线方式
间隔宽度 (m)		7.5	3.75
设备相间距离 (m)		1.5	1.5

续表

项目 \ 方案	110kV 常规水平出线方式	110kV 垂直出线方式
横担挂点水平距离 (m)		2.0
下层横担挂点高度 (m)	10	7
中层横担挂点高度 (m)		10
上层横担挂点高度 (m)		13
地线柱高度 (m)	13	15.5
配电装置纵向 (m)	22	20

4 垂直出线方式的特点

通过以上分析可见变电站双飞蜓式垂直出线方式，具有以下特点：

(1) 间隔宽度减少。一个 220kV 出线构架宽度最少可比单层水平出线构架减少 6m，减小一半尺寸，避雷器采用外置方式，间隔宽度减少 3m，极大程度地节约了土地资源。

(2) 方便与终端塔对接。出线三相垂直排列与线路终端杆一致，减少了出线引接的难度，引线方便，相间距很容易控制，并且检修方便。

(3) 设计模块化。由于采用一支独立的钢管杆构架，间隔之间没有关联，土建与电气单元一致，每个间隔即为一个模块，因此可模块化建设，模块可根据线路相序任意搭配，灵活方便。

5 垂直出线方式在 220kV 勤丰变电站的应用

国家电网公司通用设计 220-A1-1 方案中，220、110kV 采用水平出线方式，变电站围墙内尺寸 102.5m×86m，变电站建筑面积由 894.55m²，电气总平面布置见图 9。

从图 9 中可以发现，220kV 及 110kV GIS 配电装置场地是整个变电站内占地面积最大的两块区域，同位于变电站中部的主变压器场地相比横向尺寸相差极大，在变电站的电气布置中成为了“长板”。常规出线方式下的 GIS 方案不仅增加了 GIS 母线长度，提高了设备投资，并且占地面积较户外常规设备并未减少，经济及社会效益比较低。

基于上述分析，为去除常规出线方式带来的“长板”效应，在嘉兴的 220kV 勤丰变电站中全面应用 220、110kV 双飞蜓式垂直出线方式，对现有国家电网公司通用设计 220-A1-1 方案进行了总平面优化设计。

220kV 采用垂直出线方式，双回出线共用一根独立钢管杆，取消门形构架，双回间隔宽度 18m；GIS 出线间隔单元以钢管杆中心镜像复制，6 回出线组合 3 个模块，主变压器、母设、母联间隔穿插于模块之间空位布置。相比通用设计方案，220kV 配电装置占地宽度由 72m 减少至 49m。

110kV 采用垂直出线方式，相比通用设计方案，110kV 配电装置占地宽度由 75m 减少至 50m。

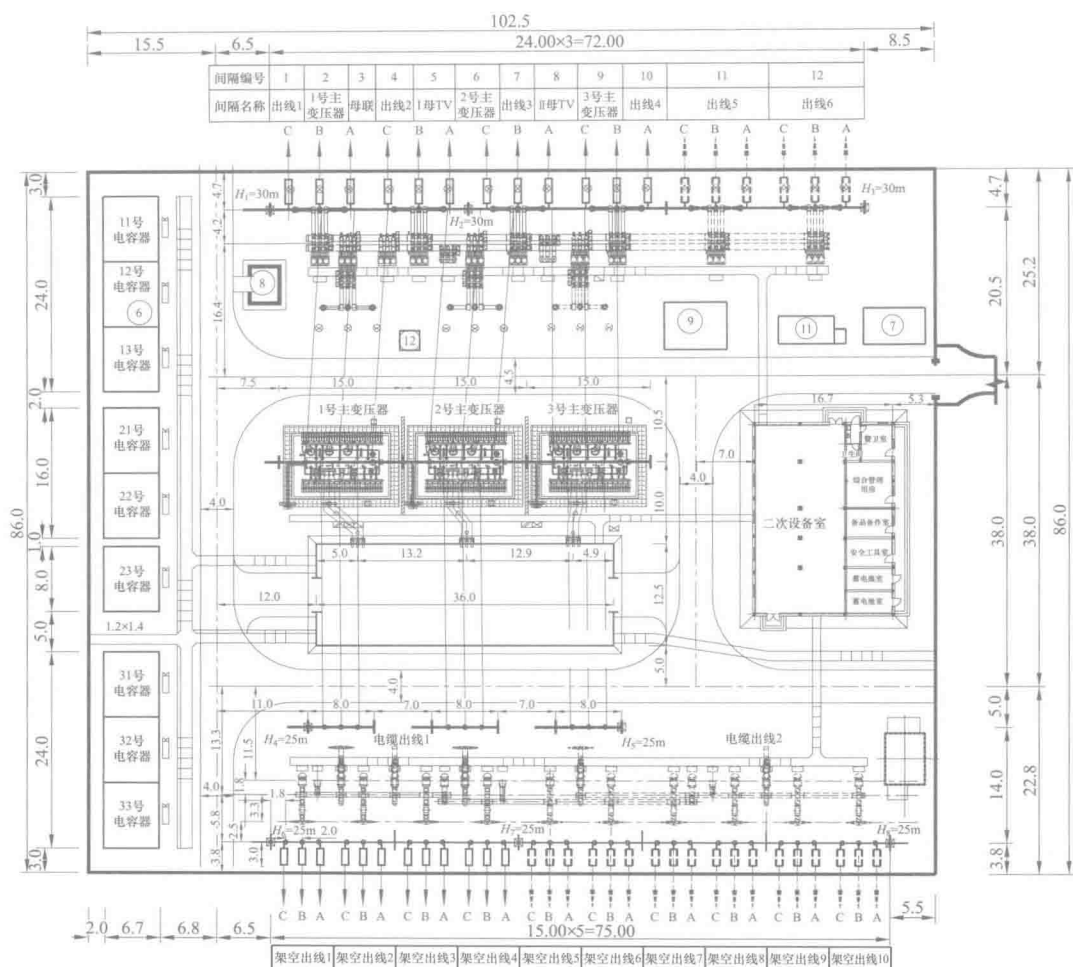


图9 220-A1-1通用设计方案总平面图

Fig. 9 General layout plant of 220-A1-1 universal design scheme

通过采用双飞艇式垂直出线方式，将 220kV 及 110kV GIS 配电装置场地的宽度减少 32% 左右，与主变压器场地 45m 的占地宽度大体相当，优化后变电站布置紧凑合理，功能分区明确，该站已经于 2015 年 12 月建成投运，目前运行安全稳定。

优化后整个变电站的围墙内占地面积减少为 86m×84m，优化后总平面见图 10。相比国家电网公司通用设计 220-A1-1 方案，围墙内占地减少 1591m²，减少 18% 按每亩征地费 30 万元计算，可节约征地费用为 71.6 万元；220kV GIS 母线长度减少 36m，按每 m² 万元计算，节省设备投资为 108 万元；220、110kV 构架钢材用量较常规的人字柱构架节约 35%，节省投资为 60 万元；合计节约投资 239.6 万元，节约变电站占地面积，社会效益显著。

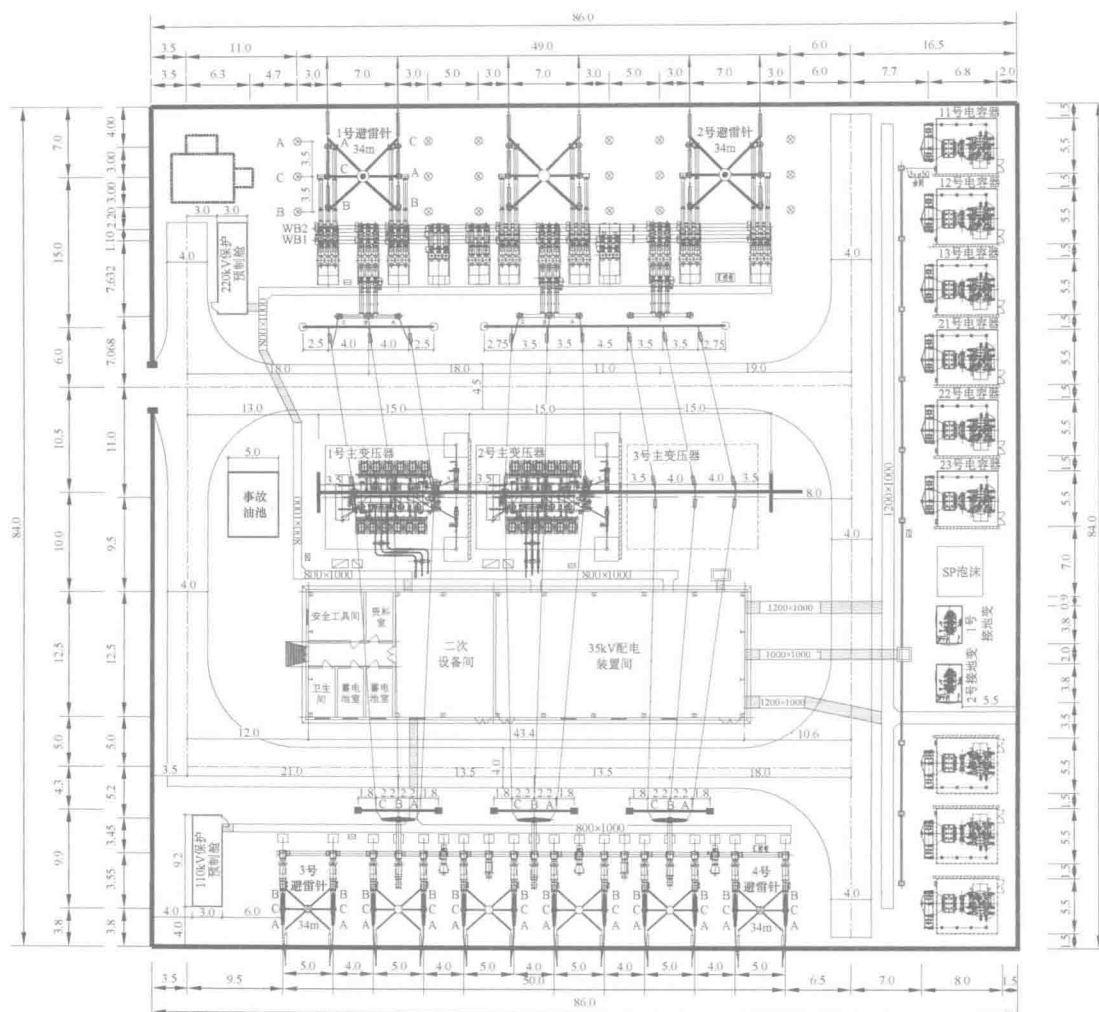


图 10 220kV 勤丰变电站电气总平面图

Fig. 10 General layout plant of 220kV Qinfeng substation

6 结束语

双飞艇式垂直出线是变电站出线方式上的变革性创新，出线构架简洁，出线便利。在变电站电气总平面布置设计过程中，紧紧抓住变电站横向尺寸以主变压器横向尺寸为基准的思路，通过应用双飞艇式垂直出线，大幅压缩出线间隔宽度，将 220、110kV 配电装置横向尺寸同主变压器场地尺寸相匹配，压缩变电站占地面积，节约土地 18%，提高土地的利用率，特别在江浙一带土地稀缺、昂贵地区，经济效益更加明显，契合新一代智能变电站结构布局合理、经济节能环保的建设目标，具有良好的推广应用前景。

参考文献

- [1] 张瑞永, 陶青松, 窦飞. 220kV 变电站双层构架典型出线方式的研究 [J]. 电力科学与工程, 2012, 28 (5): 6-11.
ZHANG Ruiyong, TAO Qingsong, DOU Fei. Research on the Outgoing Line Schemes of 220 kV Substation with Double Layer Framework. Electric Power Science and Engineering, 2012, 28 (5): 6-11.
- [2] 徐继敏. 220kV GIS 配电装置的设计应用浅析 [J]. 华中电力, 2010, 23 (2): 67-73.
XU Jimin. Brief Analysis of 220kV GIS Distribution Equipment Design and Application. Central China Electric Power, 2010, 23 (2): 67-73.
- [3] 况骄庭, 周毅, 陈建华. 500kV 智能变电站 220kV HGIS 配电装置设计优化 [J]. 电力建设, 2012, 33 (8): 40-43.
KUANG Jiaoting, ZHOU Yi, CHEN Jianhua. Design Optimization for 220kV HGIS Distribution Device in 500kV Intelligent Substation. Electric Power Construction, 2012, 33 (8): 40-43.
- [4] 彭花娜. 500kV 智能变电站配电装置的优化布置 [J]. 电力与电工, 2011, 31 (1): 31-35.
PENG Huana. Layout Optimization for 500kV Intelligent Substation Distribution Equipment. Electric Power, 2011, 31 (1): 31-35.
- [5] 郭晓红, 张旭红, 曹卫东, 等. GIS 配电装置的分析 [J]. 电力学报, 1999, 14 (2): 99-101.
GUO Xiaohong, ZHANG Xuhong, CAO Weidong, et al. Analysis of GIS Distribution Device. Journal of Electric Power, 1999, 14 (2): 99-101.
- [6] 张斌. GIS 系统在 220kV 配电装置中的应用 [J]. 轻金属, 2004, (8): 52-54.
ZHANG Bin. Application of GIS system in 220kV Distribution Equipment. 2004, (8): 52-54.
- [7] 林幼晖. 惠州/前湾天然气电厂 220kV 配电装置选型 [J]. 电力建设, 2002, 23 (6): 18-22.
LIN Youhui. Model Selection for 220kV Distribution Device in Huizhou/Qianwan Natural Gas Power Plant. Electric Power Construction, 2002, 23 (6): 18-22.
- [8] 陈德枫. 减少变电所屋外配电装置间隔宽度的探讨 [J]. 电工技术, 2008, (6): 22-23.
CHEN Defeng. Discussion on Reducing the Gap Width of Outdoor Distribution Equipment in Substation. Electric Engineering, 2008, (6): 22-23.
- [9] 陈余良. 论变电工程中 500 千伏配电装置的优化设计 [J]. 科教文汇, 2007, (04S): 190-191.
XU Yuliang. Research on Design Optimization for 500kV Distribution Equipment in Substation Engineering. Education Science & Culture Magazine, 2007, (04S): 190-191.
- [10] 国家电网公司基建部. 国家电网公司输变电工程通用设计 110 (66) ~ 220kV 智能变电站施工图设计 (2013 版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

作者简介:

高美金 (1980—), 女, 高级工程师, 设计中心设计管理室副主任, 主要研究方向为变电站电气一次设计管理、研究、咨询等。

高亚栋 (1978—), 男, 高级工程师, 变电室主任, 主要研究方向为变电电气设计、咨询、管理。

陈飞 (1974—), 男, 高级工程师, 副总经理, 主要研究方向为变电电气设计、咨询、管理。

金国胜 (1985—), 男, 工程师, 变电室电气专职, 主要研究方向为变电站电气一次设计、研究、咨询等。

The Application and Research on the Double-flying Dragonfly Overhead Vertical-outgoing Line of GIS in the New Generation of Intelligent Substation

GAO Meijin¹, GAO Yadong², CHEN Fei², JIN Guosheng²

(1. State Grid Zhejiang Economic Research Institute, 0571, China;

2. Zhejiang Huayun Electric Power Engineering Design Consulting Co., Ltd, 0571, China)

Abstract: Taking highly integrated system, reasonable structure, advanced and applicable equipment, economic, energy conservation, environmental protection and the support of dispatch and control integration for the construction goals, the new generation of intelligent substation optimizes main electrical connection and general plant layout of the station by overall integration design. In order to fully response the above construction goals, we innovate the ways of outgoing lines, improve the overall design level, save the land resources and reflect advanced design idea without using compact equipment. Therefore, double-flying dragonfly overhead vertical-outgoing line of GIS is put forward creatively, which is based on the vertical-outgoing line with double circuits of the single steel perch in the air. In all, the invention can narrow interval width, sharply reduce the area used of substation and increase land use efficiency.

Key words: New generation of intelligent substation; GIS; Vertical-outgoing line; Interval width; Area used

浅谈 220kV 户内智能变电站布置及优化

强 芸, 时荣超, 姚思焜

(北京电力经济技术研究院, 北京市 100055)

摘 要: 随着智能变电站技术的迅速发展, 220kV 户内智能变电站的建设也日益广泛。通过对主变压器、组合电器、开关柜等主要设备进行数据收集和分析研究, 优化各类一、二次设备布置形式, 从而达到优化 220kV 户内智能变电站整体布置的目的, 实现降低工程整体造价的目标。

关键词: 智能变电站; 主变压器; 组合电器; 开关柜; 模块化

0 引言

随着城市的发展, 电力需求持续增长, 需要更多深入市区的变电站, 而这些变电站要占用大量土地, 但是在城市中心区选择变电站站址已越来越困难, 而户内变电站的建设将较好地解决这些矛盾。

本文通过对主变压器、组合电器、开关柜等主要设备进行数据收集和分析研究, 优化各类一、二次设备布置形式, 从而达到优化 220kV 户内智能变电站整体布置的目的, 实现降低工程造价, 缩短施工周期的目标。

1 220kV 主变压器布置及优化

采用大容量主变压器、10kV 侧短路水平超标的 220kV 户内变电站, 考虑到优化布置、节省占地的原因, 建议选用高阻抗变压器。该方案与常规阻抗变压器串限流电抗器的方式在厂房建筑面积、设备投资费用、建筑工程费用等方面均有较大的优化。

通过收集中山 ABB 变压器有限公司、广州西门子变压器有限公司、西电济南变压器股份有限公司、西安西电变压器有限责任公司、特变沈阳变压器集团有限公司、江苏华鹏变压器有限公司等国内主要厂家设备外形数据, 各厂家设备规格接近, 且高阻抗变压器虽将较于常规阻抗变压器外形略大, 但不影响变压器室的整体布置。仅从变压器和限流电抗器的设备投资及建筑工程费用相比较, 选用高阻抗变压器的方案 (设备投资 655 万元, 建筑工程费 69 万元) 较常规阻抗变压器串限流电抗器的方案 (设备投资 643 万元, 建筑工程费 129 万元) 在投资总额上单台可节省 198 万元, 占该项目投资总额的 6.1%, 同时高阻抗变压器的方案 (单台占地面积 154m^2) 较常规阻抗变压器串限流电抗器的方案 (单台占地面积 286m^2) 节省建筑面积为 46%, 综合效益更高。

2 组合电器选型及布置优化

2.1 220kV 组合电器

通过收集西安西高开关有限公司、山东泰开高压开关有限公司、新东北电气（沈阳）高压开关有限公司、上海西门子高压开关有限公司、上海思源高压开关有限公司及河南平高东芝高压开关有限公司等国内主要设备生产厂家的设备参数，并进行归纳总结，选择 220kV GIS 间隔间距按不超过 2m 考虑，长度按不超过 7.5m 考虑（含智能汇控柜），从而确定 GIS 室平面规格如下

$$1(\text{巡视通道宽度})+7.5(\text{设备断面总长})+2(\text{检修通道宽度})=10.5(\text{m})$$

智能汇控柜与 GIS 本体一体化布置，采用前开门方式。由以上计算确定 220kV GIS 室宽度为 11m。

结合智能变电站特点，通过取消进线侧隔离开关，采用电子式电流、电压互感器一体化装置等措施，可将设备的整体高度降低至 3.5m。通过将传统的桁车滑动吊钩的吊装方式，简化成设备安装阶段采用整体气垫运输就位，检修采用 GIS 室顶板安装吊钩的吊装方式，220kV GIS 室整体高度计算如下

$$3.5(\text{设备总高})+1.4(\text{吊钩等吊具总长})+1.3(\text{梁高})+0.3(\text{预度})=6.5(\text{m})$$

由以上计算确定 220kV GIS 室高度为 6.5m。

与国家电网公司通用设计中 220-A2-4 方案优化成果如表 1 所示。

表 1
Tab. 1

220kV GIS 室宽度及高度对比表
The Width and Height of 220kV GIS Room

方案名称	宽度 (m)	高度 (m)
通用设计方案	12	10.5
优化方案	11	6.5
优化指标	1	4

2.2 110kV 组合电器

通过收集西安西高开关有限公司、河南平高东芝高压开关有限公司、山东泰开高压开关有限公司、新东北电气（沈阳）高压开关有限公司、上海思源高压开关有限公司、上海西门子高压开关有限公司及厦门 ABB 高压开关有限公司等国内主要设备生产厂家的设备参数，并进行归纳总结，选择 110kV GIS 间隔间距按不超过 1m 考虑，长度按不超过 4.5m 考虑（含智能汇控柜），从而确定 GIS 室平面规格如下

$$1(\text{巡视通道宽度})+4.5(\text{设备断面总长})+2(\text{检修通道宽度})=7.5(\text{m})$$

智能汇控柜与 GIS 本体一体化布置，采用前开门方式。由以上计算确定 110kV GIS 室宽度为 8m。

结合智能变电站特点，通过取消进线侧隔离开关，采用电子式电流、电压互感器一体化装置等措施，可将设备的整体高度降低至 3.0m。通过将传统的桁车滑动吊钩的吊装方式，简化成设备安装阶段采用整体气垫运输就位，检修采用 GIS 室顶板安装吊钩的

吊装方式, 110kV GIS 室整体高度计算如下

$$3.0(\text{设备总高})+1.2(\text{吊钩等吊具总长})+1.3(\text{梁高})+0.3(\text{预度})=5.8(\text{m})$$

由以上计算确定 110kV GIS 室高度为 6.0m。

与国家电网公司通用设计中 220-A2-4 方案优化成果如表 2 所示。

表 2
Tab. 2

110kV GIS 室宽度及高度对比表
The Width and Height of 110kV GIS Room

方案名称	宽度 (m)	高度 (m)
通用设计方案	11	10.5
优化方案	8	6
优化指标	3	4.5

2.3 优化小结

通过对 220、110kV GIS 室宽度的优化, 可以有效地减小 GIS 室的占地面积; 通过大幅度降低设备间层高, 使得 GIS 室层高与常规配电装置室层高相当, 更有利于户内变电站各配电装置空间灵活的搭配组合, 提高了厂房的空间利用率。

3 10kV 开关室选型及布置优化

一般 10kV 中置式手车开关柜 (配真空断路器), 进线柜、分段柜及 TV 柜柜宽 1.0m, 馈线柜柜宽 0.8m, 柜深 1.5m (带背柜 1.8m)。通过对十几家国内主要开关柜生产厂家调研及咨询, 可选用小型化中置式手车开关柜 (配真空断路器), 进线柜、分段柜及 TV 柜柜宽 1.0m, 馈线柜柜宽 0.65m, 柜深 1.5m (带背柜 1.8m)。

以某 220kV 变电站 10kV 规模为例: 220kV 主变压器 3 台, 进线采用双分支结构, 10kV 采用单母线六分段环形接线, 出线 36 回。设备间长度计算如下:

一般空气柜, 双列布置, 10kV 开关室宽度为: 2×1.2 (维护通道) + 2×1.8 (开关柜柜深) + 2.5 (双车长 + 0.9) = 8.5m; 长度为: 1.0 (开关柜柜宽) $\times 10$ + 0.8 (开关柜柜宽) $\times 25$ + 2 (两侧维护通道) = 32m。

小型化空气柜, 双列布置, 10kV 开关室宽度为: 2×1.2 (维护通道) + 2×1.8 (开关柜柜深) + 2.5 (双车长 + 0.9) = 8.5m; 长度为: 1.0 (开关柜柜宽) $\times 10$ + 0.65 (开关柜柜宽) $\times 25$ + 2 (两侧维护通道) = 28.25m。

选用一般 800mm 宽空气柜与 650mm 宽空气柜所需 10kV 开关室面积对比如表 3 所示。

表 3
Tab. 3

10kV 开关室面积对比表
The Area of 10kV Switch Cabinet Room

方案名称	长度 (m)	宽度 (m)	面积 (m ²)
800mm 宽	32	9	288
650mm 宽	28.25	9	254.25
优化指标	3.75	0	33.75