

架空进出线的 220 kV GIS 紧凑型户内布置 方案研究

胡蓉¹, 陈飞²

(1. 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; 2. 广州供电局有限公司, 广州 510245)

摘要: 统计数据显示, 220 kV 气体绝缘开关设备(Gas Insulated Switchgear, GIS) 户外布置时故障率和缺陷率均明显高于户内, 而户内布置则存在占地面积和土建工程投资大幅增加的情况。结合国内五家主流 220 kV GIS 设备厂家调研成果, 针对户内紧凑型布置方案进行研究。研究成果包括: 优化 220 kV GIS 室宽度为 11 m; 场地宽度受限时推荐采用双层或者品字形架空出线; 场地长度受限时推荐取消独立的进出线构架, 将出线设备布置在屋面反跳出线等。研究成果可适用于解决预留场地紧张情况下的 220 kV GIS 户内布置难题, 并进一步降低土建工程费用, 提高全寿命周期内的经济性。

关键词: 220 kV GIS; 紧凑型布置; 户内布置

中图分类号: TM595

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)S1-0073-05

220 kV GIS Compact Indoor Layout Research with Overhead Line

HU Rong¹, CHEN Fei²

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;
2. Guangzhou Power Supply Bureau Co., Ltd., Guangzhou 510245, China)

Abstract: Statistical dates show that the failure rate and defect rate of 220 kV GIS are obviously higher when arranged outdoor than indoor, while the occupied area and civil engineering investment of indoor layout increase significantly. The research of compact indoor layout scheme in this paper is based on the investigation results of five 220 kV GIS domestic mainstream manufacturers. Research results including: optimization of 220 kV GIS room width to 11 meters, recommend using double or glyph overhead line when the field width is limited, recommend cancelling independent architecture of outlet and inlet line and decorating the outlet line equipment on the roof when the field length is limited, etc. The above research results can be applied to solve the reserve site tension situation of the 220 kV GIS indoor layout, and further reduce the cost of civil engineering while improving the economic benefit of whole life cycle.

Key words: 220 kV GIS; compact layout; indoor layout

220 kV 配电装置选型包括空气绝缘开关设备(Air Insulated Switchgear, AIS)、半气体绝缘金属封闭式开关设备(Hybrid Gas Insulated Switchgear, HGIS)和气体绝缘开关设备(Gas Insulated Switchgear, GIS)。其中, GIS 是目前电气设备集成度最

高的布置形式, 其将母线和断路器、电流互感器、电压互感器、隔离开关、接地开关、避雷器等元件封装在接地的金属壳体内, 壳内充 0.4 ~ 0.6 MPa 压力的 SF₆ 气体作为绝缘介质^[1]。

近年来, 220 kV GIS 由于其占地面积、抗震及抗污秽性能、电磁辐射和运行噪音等方面的优势, 在电力工程中广泛应用。当 GIS 采用户外布置时, 长期日晒雨淋, 存在密封性能下降、外壳锈蚀、二次绝缘下降等情况。而采用户内布置时,

GIS 室占地面积及土建工程投资均大幅增加^[2]。本文结合国内主流 GIS 设备厂家调研结果,针对架空进出线的 220 kV GIS 进行户内紧凑型布置方案优化研究,进一步降低土建工程费用,提高其全寿命周期内的经济性。

1 220 kV GIS 故障率和缺陷率分析

按照是否与常规设备故障类型相同,可将 GIS 的故障分为常规操作故障与 GIS 特有故障两类。GIS 的常规操作故障有操作机构合闸实效、跳闸后分闸不到位等。GIS 设备的特有故障有 SF₆ 气体泄漏、设备内部元件故障、水分含量超标、放电等^[3]。其中, GIS 设备的特有故障受户内或者户外布置方式影响较大。

以南方电网公司为例^[4],截至 2013 年底,在运 220 kV GIS 间隔共计 1 946 个。南方电网公司在运的 GIS 中,户外 GIS(HGIS)占总数的 42%。自 2000 年起,投运的户外 GIS 逐年增加,并在 2012 年首次超过了户内 GIS 数量。而户外 GIS 故障率和缺陷率均显著高于户内 GIS,极大地影响了电网供电的可靠性和稳定性。在 2010—2014 年的运行年限范围内,户外 GIS 的故障大多数为绝缘故障,其次为载流故障,户外 GIS 紧急重大缺陷的技术原因主要是机械、二次和密封。统计数据如图 1、图 2 所示。

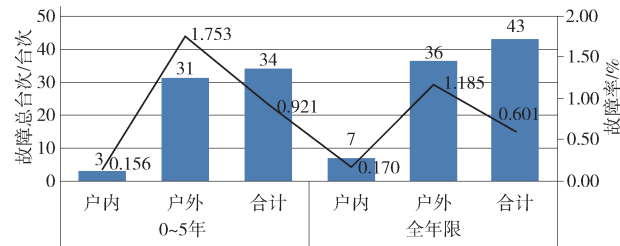


图 1 2010—2014 年故障次数及故障率统计

Fig. 1 Failure number and failure rate statistics during 2010—2014

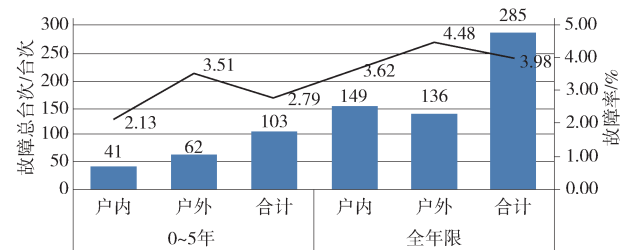


图 2 2013 年紧急重大缺陷次数及缺陷率统计

Fig. 2 Statistics of major defect number and defect rate in 2013

如图 1 所示:在全部运行年限范围内,户外 GIS 故障次数占总故障次数的 83.7%,户外 GIS 故障率 1.185 远远大于户内 GIS 故障率 0.170;在 0~5 年的运行年限范围内,户外 GIS 故障次数占总故障次数的 91.2%,户外 GIS 故障率 1.753 远远大于户内故障率 0.156。

如图 2 所示:在全部运行年限范围内,户外 GIS 紧急重大缺陷率 4.48 高于户内 GIS 紧急重大缺陷率 3.62;在 0~5 年的运行年限范围内,户外 GIS 紧急重大缺陷率 3.51 亦高于户内紧急重大缺陷率 2.13。

此外,从 GIS 紧急重大缺陷运行年限分布来看,1997 年以前投运的户外 GIS 设备较少,从 1998 年开始,投运的户外 GIS 的缺陷率最大。

GIS 安装时对现场环境清洁度要求较高,因清洁度不够导致安装时 GIS 内部污染是常见的安装隐患^[5]。《电力装置安装工程—高压电器施工及验收规范》(GB 50147—2010)要求:“GIS 装配工作应在无风沙、无风雨、空气相对湿度小于 80% 的条件下进行,并采取具体的防尘、防潮措施。”当 GIS 户内布置时,GIS 室通过清洁、封堵,安装环境容易满足。并且户内布置可有效避免长期日晒雨淋导致的金属件锈蚀、绝缘件老化,进而产生气体泄漏的问题。

根据西安高压电器研究院的研究成果^[6],GIS 中的 SF₆ 气体水分含量受环境温度影响较大,环境温度升高, SF₆ 气体中的水分含量随之增高。而 SF₆ 气体中的水分,除了对 GIS 内部绝缘件和金属部件产生腐蚀外,还可能附在绝缘件的表面产生凝结水,进而造成沿面闪络。当 GIS 户内布置时,由于环境温度容易控制,其 SF₆ 气体水分含量及发生凝露的概率必然低于户外布置。

2 220 kV GIS 国内主流厂家调研

220 kV GIS 按照母线及分支母线常见的结构形式可划分为:全单相式结构(下文简称分箱结构)和主母线三相共箱、断路器和分支母线单相式结构(下文简称母线共箱结构)。220 kV GIS 按照断路器布置方式又可划分为卧式和立式两类。其中,断路器卧式结构普遍具有布置紧凑,体积较小的特点,符合设备小型化的发展趋势。断路器立式结构则在断路器单元检修和扩建时拆卸和吊装较为便

利。典型的断路器卧式结构和立式结构外形图如图 3 和图 4 所示。

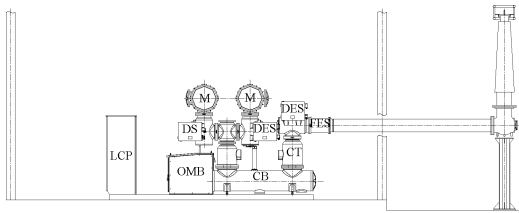


图 3 典型断路器卧式结构外形示意图

Fig. 3 Typical circuit breaker horizontal structure

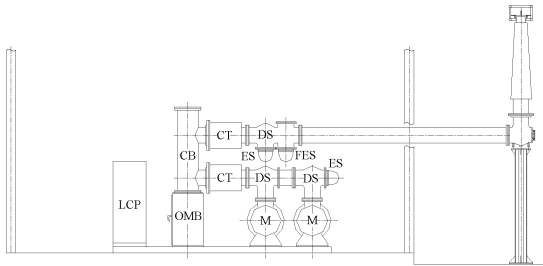


图 4 典型断路器立式结构外形示意图

Fig. 4 Typical circuit breaker vertical structure

下文就架空进出线的 220 kV GIS 采用双母线接线、液压弹簧操作机构的常见型式, 针对国内几家主流 GIS 厂家进行调研。调研厂家包括: 新东北电气集团高压开关有限公司、西安西电开关电气有限公司、河南平高电气股份有限公司、河南平高东芝高压开关有限公司、北京宏达日新电机有限公司。

2.1 新东北电气集团高压开关有限公司调研

新东北电气集团高压开关有限公司(下文简称新东北)自 2009 年开始主推 220 kV GIS 断路器卧式结构。目前该厂断路器立式结构产品已基本淘汰, 仅在扩建工程中采用。断路器卧式结构 220 kV GIS 根据主母线载流量是否大于 5 kA 确定是否采用分箱结构。

2.2 西安西电开关电气有限公司调研

西安西电开关电气有限公司(下文简称西电)220 kV GIS 目前断路器卧式结构和立式结构均有生产, 其中卧式结构仅有母线共箱设计。主母线载流量 5 kA 及以上设备采用断路器立式结构、母线分箱设计。

2.3 河南平高电气股份有限公司调研

河南平高电气股份有限公司(下文简称平高电气)220 kV GIS 目前主推断路器立式结构产品, 仅

有母线载流量 4 kA 及以下产品。其卧式结构 GIS 属于小型化改良新产品, 仅有母线共箱一种结构形式, 尚处于推广阶段。

2.4 河南平高东芝高压开关有限公司调研

河南平高东芝高压开关有限公司(下文简称平高东芝)220 kV GIS 目前仅有断路器卧式结构产品, 根据主母线载流量是否大于 5 kA 分别采用分箱或者共箱结构。当采用母线分箱结构时还包括母线品字形布置和母线一字形布置两种形式, 后者结构高度较高, 但纵向尺寸较小。

2.5 北京宏达日新电机有限公司调研

北京宏达日新电机有限公司(下文简称宏达日新)220 kV GIS 引进日本日新技术, 目前仅有断路器卧式结构、母线共箱一种结构形式, 且尚无母线载流量 5 kA 的产品。其共箱主母线采用叠放布置, 与其他 GIS 厂共箱主母线采用平放布置不同。该布置形式在检修叠放布置的下层母线时稍有不便, 但优点在于间隔扩建时安装方便。

对于架空进出线的 220 kV GIS 户内布置而言, 不同厂家的 GIS 结构形式及外形尺寸主要与 GIS 室的宽度和高度有关, GIS 室长度及外部布置优化则取决于架空进出线间隔宽度及敞开式设备的布置情况。下文结合 220 kV GIS 室内部布置优化, 针对上述五家 GIS 厂家调研统计结果如表 1 所示。

3 架空进出线的 220 kV GIS 室内部布置优化

220 kV GIS 室内部设计尺寸需满足设备安装、检修、起吊、运行、巡视及气体回收装置所需的空间和通道。依据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)^[7], 屋内 GIS 配电装置两侧应设置安装、检修和巡视的通道, 主通道宜靠近断路器侧, 宽度宜为 2.0~3.5 m, 巡视通道不应小于 1.0 m。下文结合布置方案分别确定 GIS 室长度和宽度。

3.1 架空进出线的 220 kV GIS 室长度确定

3.1.1 220 kV 单层架空出线间隔

220 kV 单层架空出线是最为常见的一种出线形式。一般两回出线共用一榀构架, 构架高度取 14.5 m, 宽度取 24 m。每回出线挂点相间距 3.5 m, 相对地距离 2.5 m, 跳线下方设置悬垂绝缘子以限制风偏。每回出线间隔设备相间距 3.25 m, 边相设备对地间距 2.75 m 以满足均压环到构架电气距离。

表1 国内主流 GIS 结构形式及尺寸统计表

Tab. 1 Statistical dates of GIS structure type and size from domestic mainstream manufacturers

厂家名称	结构形式	间隔长度/m	房间净宽/m	检修通道/m	巡视通道/m
新东北	母线共箱卧式结构	6.330	10	2.5	1.17
	母线分箱卧式结构	6.500	10	2.5	1.00
西电	母线共箱卧式结构	5.795	10	2.5	1.70
	母线共箱立式结构	5.815	10	2.5	1.68
	母线分箱立式结构	5.725	10	2.5	1.77
宏达日新	母线共箱卧式结构	6.200	10	2.5	1.63
平高电气	母线共箱立式结构	5.615	10	2.5	1.88
	母线分箱立式结构	5.380	10	2.5	2.10
平高东芝	母线共箱卧式结构	5.205	10	2.5	2.29
	母线分箱(品字型)卧式结构	5.620	10	2.5	1.88
	母线分箱(一字型)卧式结构	5.210	10	2.5	2.29

3.1.2 220 kV 双层架空出线

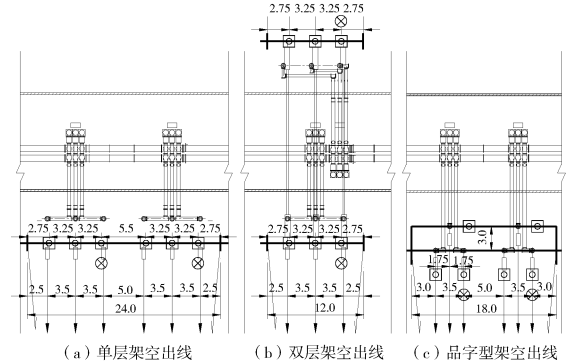
220 kV 双层架空出线多应用于变电站出线条件受限的情况。两回出线通过上下层布置，反跳出线。一般每回出线构架宽度取 13 m，跨线挂点相间距 4 m，相对地距离 2.5 m。下层构架高度取 14.5 m，上层构架高度取 22.5 m。上层构架跳线至下层构架横梁顶部之间距离按照大于运行人员举手高度 2.3 m 加 220 kV 带电导体对地距离 1.8 m 校验，可以满足上下层出线不同时停电检修需求。

3.1.3 220 kV 品字型架空出线

220 kV 品字型架空出线一般用于 220 kV 配电装置场地长度需整体压缩的情况。一般品字型架空出线构架宽度 18 m，两回出线共用一樘构架。每回出线 A 相—C 相水平距离 3.5 m，挂点高度 14.5

m，B 相位于 AC 相之间，挂点高度 20.5 m。B 相跳线至 AC 相横梁顶部之间距离按照 220 kV 带电导体对地距离 1.8 m 校验，相邻间隔之间横梁上方通道需设置隔板，以避免误入带电间隔。

三种出线方式典型平面布置图如图 5 所示。



注：图中单位是 m。

图5 220 kV GIS 架空出线典型平面布置图

Fig. 5 Typical plane layout of 220 kV GIS with overhead line

如图 5 所示：与常规单层架空出线两回间隔宽度 24 m 相比，双层架空出线间隔优化至 12 m，品字型架空出线间隔则优化至 18 m。双层架空出线利用主变进线侧实现反跳出线，无需增加间隔长度。品字型架空出线则在压缩间隔宽度的同时增加了间隔长度 3 m。

3.2 架空进出线的 220 kV GIS 室宽度确定

220 kV GIS 室宽度主要结合 GIS 间隔长度及检修通道、巡视通道确定。检修通道考虑叉车和气体回收车通道，按照宽度 2.5 m 考虑。巡视通道按照宽度不小于 1 m 考虑。

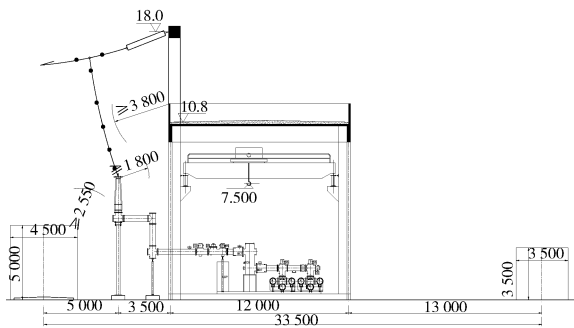
如表 1 所示：架空进出线的 220 kV GIS 室房间净宽可按 10 m 设计。GIS 室结构柱宽度按 1.0 m 考虑，则 GIS 室结构柱中心线之间宽度可取 11 m 考虑。对照南方电网公司 110 ~ 500 kV 变电站标准设计(V2.0) (下文简称南网标设 V2.0) 方案，其 220 kV GIS 室宽度均为 12 m。按照 220 kV 单层架空出线 12 回计算，GIS 室宽度优化 1 m，可减少占地面积约 144 m²，优化建筑体积约 1 555 m³，节省建筑物投资约 122 万元。

4 架空进出线的 220 kV GIS 室外部布置优化

架空进出线的 220 kV GIS 室外部电气设备布置要满足电气距离及试验检修所需空间要求。架空进出线的 220 kV GIS 室外部需布置的设备包括 GIS

进出线套管、220 kV 避雷器、220 kV 电压互感器设备。在南网标设 V2.0 中, 220 kV GIS 室外部有设置独立进出线构架和进出线构架与 GIS 室合建两种方案, 但均设置有 3.0 m 环形检修通道。下文从 220 kV GIS 室外部布置优化的角度, 针对最为常见的单层架空出线方案进行讨论。

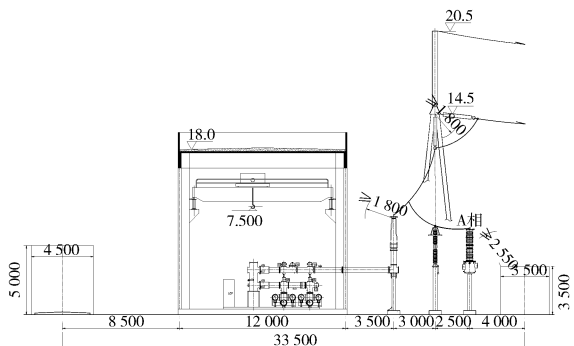
南网 (China Southern Power Grid, CSG) 标设 V2.0 方案如图 6~图 7 所示, 220 kV 场地两侧 4 m 消防道路和 3 m 检修道路中心线之间尺寸为 33.5 m。在场地宽度受限时, 可考虑通过取消独立出线构架, 将出线设备布置在 GIS 室屋面反跳出线。屋面女儿墙位置需增设横梁用于安置支柱绝缘子, 绝缘子顶部加装托架和软导线固定金具以保证跳线对地电气距离, 如图 8 所示。



注: 图中标高单位是 m, 其余尺寸单位是 mm。

图 6 220 kV GIS 配电装置进线间隔断面图 (南网标设 V2.0)

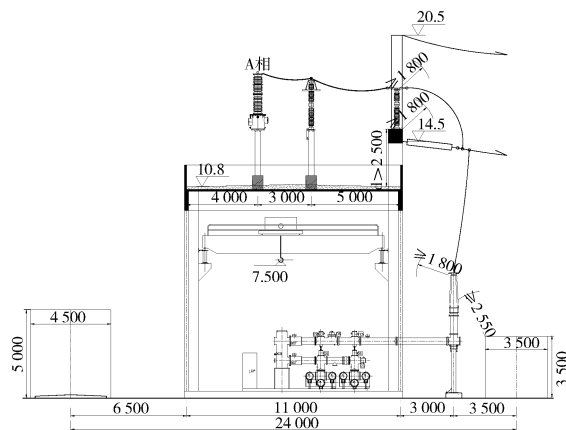
Fig. 6 Section diagram of 220 kV GIS with inlet line (CSG's standard design V2.0)



注: 图中标高单位是 m, 其余尺寸单位是 mm。

图 7 220 kV GIS 配电装置出线间隔断面图 (南网标设 V2.0)

Fig. 7 Section diagram of 220 kV GIS with outlet line (CSG's standard design V2.0)



注: 图中标高单位是 m, 其余尺寸单位是 mm。

图 8 220 kV GIS 配电装置出线间隔断面图 (优化布置方案)

Fig. 8 Section diagram of 220 kV GIS with outlet line (Optimized layout)

路中心线间尺寸 9.5 m。按照 220 kV 单层架空出线 12 回计算, 可减少占地面积约 1 368 m²。

5 结论

本文针对部分工程前期预留场地不足的情况, 基于南网标设 V2.0 进行的户内布置方案优化研究成果包括:

1) 调研确定 220 kV GIS 室宽度为 11 m, 较南网标设方案优化 1 m。按照 220 kV 单层架空出线 12 回计算, 可减少占地面积约 144 m², 优化建筑体积约 1 555 m³, 节省建筑物投资约 122 万元。

2) 在场地长度方向空间紧张的情况下, 推荐采用双层架空出线或品字型架空出线方案。与常规单层架空出线两回间隔所需宽度 24 m 相比, 可分别优化至 12 m 和 18 m。

3) 在场地宽度方向空间紧张的情况下, 建议取消独立的进出线构架, 将出线设备布置在 GIS 室屋面。较南网标设的 220 kV 配电装置场地宽度 33.5 m, 可优化 9.5 m。

参考文献:

[1] 夏文, 胡旭辉, 等. 500 kV 气体绝缘金属封闭组合电器及其应用 [J]. 高压电器, 2010, 46(12): 89-92.
XIA W, HU X H. 500 kV hybrid gas insulated switchgear and its application [J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(12): 89-92.

通过 220 kV GIS 室外部布置优化调整, 较南网标设 V2.0 方案, 可减少 220 kV 配电装置两侧道

板板材选择、楼屋面体系进行对比分析和研究, 并通过工程实例, 得出以下结论:

1) 装配式建筑采用钢结构技术成熟, 适应性强, 符合建筑工业化发展趋势。

2) 装配式建筑墙板采用复合型墙板维护体系, 体现集成化装配式建筑的理念。

3) 采用基于装配式建筑物的预埋管解决方案, 工厂化生产, 实现各类管线暗敷。

4) 建筑采用装配式建设节约工期, 提高机械化程度, 降低人工成本, 提高安全可靠, 符合绿色环保的发展理念。

参考文献:

- [1] 刘玉贵. 我国建筑工业化的发展和思考 [J]. 广州建筑, 2016, 44(3): 8-12.
LIU Y G. The development of our country construction industrialization and thinking [J]. Guangzhou Architecture, 2016, 44(3): 8-12.
- [2] 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 Construc-

tion, 2015, 2(Supp. 1): 239-243.

- [3] 王伟, 范殿伟, 曹建伟. 装配式智能变电站外墙体系技术与经济分析 [J]. 湖州师范学院学报, 2014, 36(4): 48-51.
WANG W, FAN Y W, CAO J W. A technical and economic analysis on exterior wall system in fabricated intelligent substation [J]. Journal of Huzhou Teachers College, 2014, 36(4): 48-51.
- [4] 沈青松, 盛晓红, 江香云等. 变电站装配式围墙与防火墙的设计及工程应用 [J]. 浙江电力, 2014, 33(3): 32-34.
SHEN Q S, SHENG X H, JIANG X Y, et al. Prefabricated substation walls and firewall design and engineering application [J]. Zhejiang Electric Power, 2014, 33(3): 32-34.
- [5] 陈世永, 单晖. 装配式变电站技术与应用 [J]. 科技创新与应用, 2016(12): 192-193.
CHEN S Y, SHAN H. Prefabricated substation technology and application [J]. Technology Innovation and Application, 2016(12): 192-193.
- [6] 江香云, 杨卫星, 钱锋, 等. 基于装配式建筑物的预埋管结构; ZL201420848411.1 [P]. 2015-09-23.
- [7] 宋旸, 金诚, 吴振华, 等. 变电工程的革命性创新 [N]. 中国电力报, 2013-09-18(05).

(责任编辑 李辉)

(上接第 77 页 Continued from Page 77)

- [2] 张璐璐, 王旭, 张冀萍. 220 kV 屋内 GIS 非常规布置与户外配电装置布置的比较 [J]. 黑龙江电力, 2010, 32(1): 78-80.
ZHANG L L, WANG X, ZHANG J P. Comparison between the non-conventional layout of the 220 kV indoor GIS and the layout of the outdoor distribution equipment [J]. Heilongjiang Electric Power, 2010, 32(1): 78-80.
- [3] 王宇, 姚唯建, 庄贤盛, 等. 广东省 220 kV 及以上 SF₆ 组合电器气体中 SO₂ 和 H₂S 含量的现状分析 [J]. 广东电力, 2008, 21(10): 10-14.
WANG Y, YAO W J, ZHUANG X S. Situation and analysis of sulfur dioxide and sulfureted hydrogen content in sulfur hexafluoride of gas insulated switchgear (220 kV and above) in Guangdong province [J]. Guangdong Electric Power, 2008, 21(10): 10-14.
- [4] 中国南方电网公司. 关于印发《执行 GIS(HGIS)设备新技术规范的原则意见》的通知: 南方电网设备〔2015〕19 号 [EB]. (2015-06-08).
China Southern Power Grid Co., Ltd. Printing and issuing the principal suggestions on performance of GIS(HGIS)'s new tech-

nical specification: CSG〔2015〕NO.19 [EB]. (2015-06-08).

- [5] 王流火, 吕鸿, 卢启附, 等. 提高 GIS 运行可靠性的措施 [J]. 广东电力, 2014, 27(2): 84-86.
WANG L H, LÜ H, LU Q F, et al. Measures to improve operational reliability of gas insulated metal enclosed switchgear and controlgear [J]. Guangdong Electric Power, 2014, 27(2): 84-86.
- [6] 曾健. 330 kV 西北郊变电站工程 110 kV GIS 户内与户外布置比较 [J]. 西北电力技术, 2004, 32(3): 41-42.
ZENG J. 110 kV GIS layout comparison between the indoor and outdoor in 330 kV northwest station [J]. Northwest China Electric Power, 2004, 32(3): 41-42.
- [7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 高压配电装置设计技术规程: DL/T 5352—2006 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
National Development and Reform Commission. Technical code for designing high voltage electrical switchgear: DL/T 5352—2006 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

(责任编辑 李辉)