

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.02.017

基于模块化底座和聚氨酯复合板的 装配式变电站设计*

武兴坛¹, 喻会永¹, 朱 毅², 李仲想¹, 王洋洋¹

(1. 许继集团有限公司 河南 许昌 461000; 2. 国网山东省电力公司经济技术研究院 山东 济南 250021)

摘要:针对现有装配式变电站现场施工量大、施工质量参差不齐等问题,对装配式变电站设备集成、结构布局、预制电缆、走线方式等方面进行了研究;同时对预制式建筑材料聚氨酯复合板和蒸压轻质加气混凝土板进行了对比分析,列出了聚氨酯复合板装配方法,提出了集成一、二次设备并预制电缆的模块化底座和模块接口的聚氨酯复合板为围护结构的装配式变电站,并给出了装配式变电站的地基及建筑物的设计方案及施工工艺,并在实际工程应用中对方案进行了验证。研究结果表明,该种装配式变电站实现了开关设备的一体化,减少了现场并柜、接线等工序,与常规装配式变电站相比建设速度提升了42%,避免了现场湿作业,提升了施工质量。为今后该种装配式变电站的推广应用提供了借鉴。

关键词:装配式变电站;模块化底座;聚氨酯复合板

中图分类号:TM63

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)02-0189-05

Design of prefabricated substation based on modular base and polyurethane composite board

WU Xing-tan¹, YU Hui-yong¹, ZHU Yi², LI Zhong-xiang¹, WANG Yang-yang¹

(1. Xuji Group Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Economic & Technology Research Institute,
State Grid Shandong Electric Power Company, Jinan 250021, China)

Abstract: Aiming at the problem of large construction quantity and uneven construction quality of the existing prefabricated substation, the equipment integration, structure layout, prefabricated cable and alignment of the prefabricated substation was studied; the comparison of prefabricated building materials polyurethane composite board and ALC was analyzed, the assembling method of polyurethane composite board was listed, the prefabricated substation was proposed, which based on modular base integrated with primary and secondary equipment and prefabricated cable, modular polyurethane composite board as enclosure structure. The design scheme and construction technology of foundation and building of prefabricated substation were given. The scheme was verified in the practical engineering application. The results indicate that this prefabricated substation can achieve the integration of switching equipment, reduce the scene and cabinet, wiring and other processes, increase by 42% in construction speed compared with conventional prefabricated substation, and avoid on-site wet operations, improve the construction quality. It can be used for reference application of prefabricated substation in the future.

Key words: prefabricated substation; modular base; polyurethane composite board

0 引 言

变电站的建设长期以来采用了传统土建模式,受

施工人员素质影响,施工质量难以控制。随着箱式变电站技术成熟^[1],其以系统集成度高、占地面积小、工程造价低、施工周期短等优点迅速成为变电站建设的新模式,但其不足之处在于:运输体积大,运维空间小,

收稿日期:2016-10-31

基金项目:国家电网公司科技资助项目(15WKQ31516)

作者简介:武兴坛(1983-),男,河南许昌人,主要从事变电站方面的研究。E-mail: zuji1983@163.com

适用范围较小,一般适用于 35 kV 及以下的变电站建设中^[2-6]。

装配式变电站是将建筑行业目前普遍运用的钢结构装配式建筑物引入变电站建设中,通过工厂生产预制、现场安装两大阶段来完成变电站的建设,改变了传统变电站的设备布置、土建设计和施工模式。有效解决了土建模式和箱变的弊端,是符合国家电网公司“两型一化”变电站设计建设导则的新型变电站^[7-12]。

装配式变电站突破了传统变电站运输尺寸的限制,可以应用在 110 kV、220 kV 变电站建设中。尤其在俄罗斯、瑞士等寒冷地区国家,由于气候原因,施工时间短、保温性能要求高,装配式变电站应用广泛。

但装配式变电站一、二次设备仍然采用单独安装,集成程度低,另外目前装配式变电站的墙板主要采用蒸压轻质加气混凝土板(简称 ALC 板),现场仍需要湿作业,施工质量难以控制,施工难度大。本研究提出一种工厂内集成一、二次开关设备、预制电缆、高度集成的模块化底座,加之采用模块化接口、积木式安装的聚氨酯复合板为围护结构,便于现场施工,现场无需湿作业,大大节约施工周期。

本研究通过介绍四川巴中镇龙 35 kV 装配式变电站、阆中双龙 35 kV 变电站和重庆万州梁平新盛 35 kV 变电站建造经验,提出一种采用基于模块化底座和聚氨酯复合板为墙板的装配式变电站,以供相关工程施工设计参考。

1 模块化底座

目前装配式变电站的开关柜仍采用以单柜为单元,单独分散运输、安装、接线,与传统土建变电站施工基本一致,设备集成程度低,现场工作量大。

模块化底座是将变电站内一、二次设备以功能模块化划分,集成在底座上。单一功能模块内电缆连线可在工厂预制铺设。不同功能模块之间的电缆,根据布置位置及电缆沟深度及走向计算出距离,提前预制二次电缆,并采用航空插头实现电缆现场快速连接^[13]。以上所有连线厂内均可连接并完成联调,减少

现场并柜、接线、调试工序,最大程度减少现场工作量,提升施工速度。

模块化底座仅比总体开关设备尺寸略大,柜前设有宽度不低于 300 mm 的走线槽,其内设有二次电缆夹层,将各柜体二次穿线孔与走线槽实现连通。通过走线槽将二次电缆汇集至汇控屏内,统一出口,形成规范化二次走线方式。底座设有两个以上(实际数量以具体工程为准)沿 1 条或 2 条直线排列的柜体安装位,便于进行开关设备在工厂内安装接线、检修、维护,模块化底座如图 1 所示。

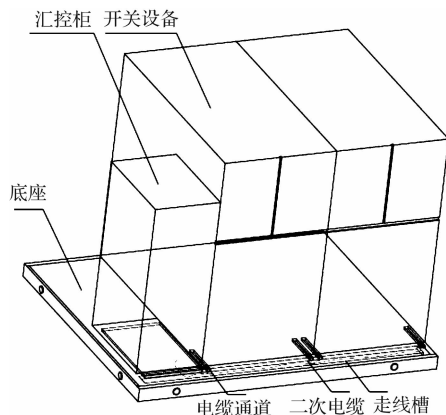


图 1 模块化底座

2 聚氨酯复合板

2.1 聚氨酯复合板介绍

聚氨酯复合板具有低碳节能、环保、结构强度高、寿命长、气密水密性能好、重量轻、安装快速、防火性能强、装饰性、建筑物美观、漂亮等特点^[14]。目前多用于民用建筑和工业厂房。

聚氨酯复合板宽度在 550 mm ~ 1 000 mm 之间,通常为 1 000 mm,板厚 50 mm ~ 100 mm,极差 25 mm,板长不大于 15 m。

聚氨酯复合板以其质量轻、标准化对接接口,在装配式建筑中具有广泛应用。比蒸压轻质加气混凝土板(简称 ALC 板)具有质量更轻、导热系数更低、标准化对接接口、现场无需湿作业等优点。使其在装配式变电站建设中具有突出的优势。聚氨酯复合板和 ALC 板的技术经济对比^[15]如表 1 所示。

表 1 聚氨酯复合板与 ALC 板性能对比

项目	防火性能/h	导热系数/ (W · (m ² · K) ⁻¹)	板缝保温和防雨水渗漏	综合单价/ (元 · m ⁻²)	用途
聚氨酯复合板	B1	0.022	好,多层复合,空隙排水	650	无任何湿作业和外涂材料
ALC 板	≥3	0.074	较好,涂塑抗碱玻纤布易开裂,形成冷桥	320	一般需要涂料装饰面

但受限于板材成本,其工程造价较高,但随着我国

劳动力成本上升和聚氨酯复合板工艺提升,ALC 板方

案成本优势将不明显。另外聚氨酯复合板方案施工周期短,可以相应减少管理和投资成本,弥补部分较高的建造费。

2.2 聚氨酯复合板装配方法

墙面板自下向上铺装,上部采用钻尾自攻丝固定在立柱上,下部利用自身卡扣固定,并起到遮挡作用。墙面竖直方向拼接位置设在板材边沿附近的立柱处,在墙板拼接处粘贴止水单面胶条,提升墙面与立柱的密封性,墙板铺装后在拼接缝内橡胶密封条,采用自攻螺钉将接缝饰板固定至立柱上,外部缝隙涂抹耐候密封胶,外墙板安装情况如图2所示。

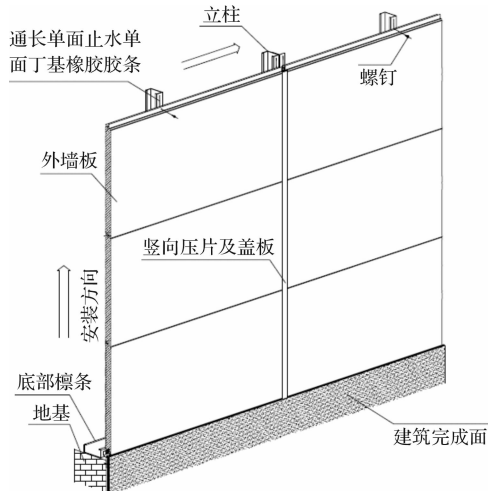


图2 外墙板安装

屋面铺装首先在钢骨架脊部檩条上铆接屋脊托板,将屋面板从一端向另一端依次铺装。屋面板对接处粘贴密封条,靠紧后螺钉紧固,填充发泡剂,用防水铆钉紧固盖板,屋面对接情况如图3所示。

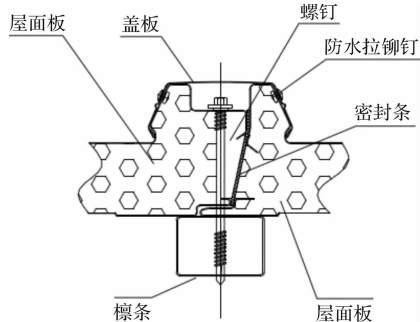


图3 屋面对接

聚氨酯复合板板材之间对接方便,无需湿作业,施工质量易于控制,且安装采用堆积木方式,施工速度快。

屋面铺装完毕后,放置屋面屋脊泡沫堵头,波谷现场上弯 80° ,安装屋面泡沫堵头,并用自攻螺钉固定屋脊泛水板,屋脊拼接情况如图4所示。

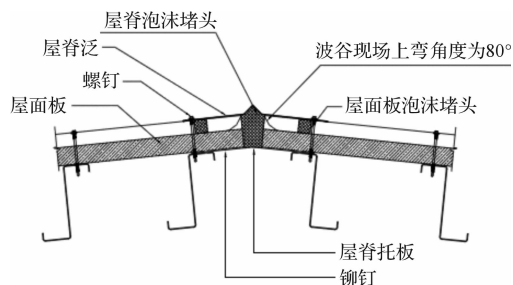


图4 屋脊拼接

3 装配式变电站

装配式变电站在实现装配的同时最大程度地对变电站进行集成化设计,突出了土建设计的大空间布局和箱式变电站的设备高度集成化的优点,不仅实现所有电气设备的集成,而且将值班室、卫浴及厨房做到无缝配合,整个变电站仅有装配式建筑物和变压器两大部分组成,极大缩减了占地面积。

3.1 装配式建筑物

装配式建筑物通常为一层,主要分为地基和建筑物大部分。地基为现浇筑混凝土,室内设电缆沟,骨架为钢结构,主体建筑物为装配式结构。

3.1.1 地基

地基设计施工遵从减少工程量、节约投资成本为原则进行设计。采用开挖电缆沟模式,减少土建工程量。

地基采用圈梁设计,与装配式变电站钢骨架立柱连接部位设置立柱支撑墩,每个支撑墩承重5 t。并在支撑墩上预埋与立柱连接的法兰,法兰采用拉筋方式与地基牢固连接。

地基设置一、二次电缆沟,充分利用埋管穿电缆方案,采用与土建变电站类似形式,与箱式变电站地下整体挖空相比可以节约30%的土方工程量。另外,建筑物壁及顶部安装设备如照明灯、空调、开关等设备电源及控制线通过地基内预埋的穿线钢管铺设,建筑物剖面如图5所示。

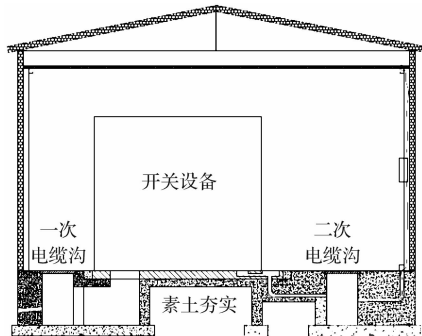


图5 建筑物剖面

集成开关设备的模块化底座采用下沉底座方案,将模块化底座就位后,采用水泥砂浆填缝处理,保证开关设备比室内地平面高出 5 mm。

二次室内二次屏柜支架安装。保护、测控等二次屏模块化底座就位后,铺设防静电地板,电缆铺设在夹层中,可使运维检修方便。

3.1.2 装配式建筑物

装配式建筑物采用钢结构、墙体及屋面等零部件拼装而成,所有零部件均采用模块化设计、工厂化加工的思路,预制成型。现场拼装采用搭接、扣接、紧固件等连接方式。

钢骨架立柱主体采用实腹型钢或矩形管,两端焊接法兰板。屋顶采用人字形坡屋面,并采用有组织排水。所有钢结构件涂装防腐涂层,立柱及顶部主梁喷涂防火涂层。

门采用甲级防火门,门上配置雨棚。墙面布置窗户,采用塑钢框窗户,玻璃采用双层防爆玻璃。使其具有优良的气密性、水密性和保温隔热性能。

3.2 电气部分

装配式变电站在实现变电站装配的同时实现电气设备的高度集成化。

装配式变电站集成了预装式变电站及土建变电站电气部分优势,将整站一、二次电气、安防系统、消防、视频监控及智能辅助控制系统集于一体,厂内设计预留管线及设备安装位置,既完善了传统箱变的功能性设计,又减少了土建站现场施工的繁杂工作量。

3.3 装配式变电站施工工序

由于装配式变电站对地基配合精度要求较高,需要严格控制施工工艺。装配式变电站建筑物的施工工序如下:

(1)地基校对:校对地基水平度、地基外形尺寸、预埋管位置、模块化底座尺寸等装配式变电站相关尺寸。

(2)模块化底座就位:设备到场后,将模块化底座吊装就位。定位后,与地基安装槽钢焊接固定,用 C20 水泥砂浆填缝处理。

(3)装配式钢骨架安装:模块化底座就位后,进行装配式钢骨架安装,首先将立柱安装在地基法兰上,再安装顶架。

(4)屋面板、墙面板铺设:首先铺装屋面板,之后铺设墙面板,墙面板铺设的同时可以将门、窗、防雨棚、风扇、空调等设备直接安装就位。全部完成后安装屋顶排水沟。

(5)附件安装:主体建筑安装完毕后,安装附件等。

4 工程验证

4.1 建设周期

经重庆梁平新盛 35 kV 装配式变电站实际工程验证,整体建站面积比土建站节约占地面积 20%,同时可以保证充裕的检修操作空间,以 35 kV 开关室为例,柜前检修空间 2.5 m,柜后检修空间 1.2 m。该种装配式变电站与常规变电站建设周期对比如表 2 所示。施工周期缩短 42%。

表 2 该种变电站与常规变电站建设周期对比

项目	地基施工时间/(d)	建筑物施工时间/(d)	电气设备就位时间/(d)	一、二次接线时间/(d)	合计
该种变电站	27	15	2	5	49
常规装配式变电站	30	20	10	15	85

同时本研究将变电站以功能模块化进行拆分,所有模块在工厂内预制,现场快速装配。另外,模块化底座安装完成后,即可开展变电站内所有开关设备、变压器、测控保护等设备的一、二次线缆铺设工作,与装配式变电站建筑物施工不冲突,该种变电站实际建设周期仅为 44 天。投入运行的梁平新盛 35 kV 变电站如图 6 所示。

4.2 存在问题

4.2.1 防火性能

聚氨酯复合板的阻燃等级可达到 B1 级,属于难燃材料,但仍然无法达到建筑二级防火要求,因此需要改进材料及结构,如在墙体外挂非金属金邦板。



图 6 梁平新盛 35 kV 变电站

4.2.2 聚氨酯复合板外观修复

聚氨酯复合板表面处理采用氟碳涂层工艺,具有抗腐蚀性能强、表面光滑、强度高等优点,但如板材漆面有破损,需要采用专用氟碳涂层漆进行喷涂。

4.2.3 地基施工质量

装配式变电站需要现场施工,建筑模块设计公差有限,因此对地基的精度要求较高,如地基水平度等。地基施工质量易对装配式变电站的施工造成不可控的影响,故需要加强地基施工质量监控,保证地基施工精度。

5 结束语

本研究通过将变电站内设备按照功能模块划分和预制电缆等工艺,实现装配式变电站现场快速施工,汲取了土建变电站运维便利和箱变高度集成的优点,成为一种变电站建设的新模式。

聚氨酯复合板仍存在防火性能不足,外挂金邦板、内置聚氨酯复合板的混合模式可能成为一种新的解决方案。但是随着标准化非金属建筑材料的大力发展和技术突破,新型复合材料将成为装配式变电站的一种有效替代方案。

参考文献(References):

- [1] 柳国良,张新育,胡兆明. 变电站模块化建设研究综述[J]. 电网技术,2008,32(14):36-38,64.
- [2] 李颖,李峰,邹宇,等. 预制装配式混凝土建筑施工安全和质量评估[J]. 建筑技术,2016,47(4):305-309.
- [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(S1):239-243

- [4] 伍绍慧,张春晖,廖海强. 陶粒混凝土装配式轻质围墙在变电站中的应用[J]. 中国高新技术企业,2016(19):116-119.
- [5] 王红,许洪奎. 无混凝土装配式变电站设计研究[J]. 供用电,2011,28(4):37-40.
- [6] 肖向东,司为国. 用轻型装配式结构建造“两型一化”变电站[J]. 电力建设,2009,30(5):25-28.
- [7] 钱南淳,钱江,高睿. 标准装配式智能变电站建设中“两型一化”的应用及成效[J]. 华东电力,2014,42(7):1424-1427.
- [8] 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.
- [9] 周元强,许志勇,鲁东海,等. “标准配送”在陵口110 kV变电站的应用[J]. 华东电力,2014,42(7):21-24.
- [10] 刘静,宋洪涛. 装配式变电站在分布式能源项目中的适用性分析[J]. 华电技术,2014,36(3):51-53.
- [11] 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(3):28-30,68.
- [12] 王世钊,宗玉萍. 220kV标准装配式变电站二次设备模块化[J]. 电力与能源,2015(12):797-800.
- [13] 徐胜玲,金永胜,陈波波. 航空插头在标准装配式变电站交直流电源系统中的应用[J]. 华东电力,2014,42(7):1427-1430.
- [14] 邱军付,罗淑湘,孙桂芳,等. 硬泡聚氨酯复合板外墙外保温系统应用技术研究[J]. 建筑技术,2014,45(11):994-996.
- [15] 王伟,范殷伟,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):43-46.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

武兴坛,喻会永,朱毅,等. 基于模块化底座和聚氨酯复合板的装配式变电站设计[J]. 机电工程,2017,34(2):189-193.

WU Xing-tan, YU Hui-yong, ZHU Yi, et al. Design of prefabricated substation based on modular base and polyurethane composite board[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(2):189-193.

《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn