

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.01.019

装配式控制楼在 500 kV 变电站中的应用研究

张喆

(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)

摘要: [目的]为实现变电站的建筑标准化设计、工厂化加工和装配式建设。[方法]以 500 kV 变电站工程站内控制楼为设计研究对象,根据变电站的功能要求,明确其工业性设施的定位。通过综合考虑工艺流程、功能需求、建筑材料、建筑技术、自然条件等因素,对建筑物材料选择、结构选型、模块化设计、防火、节能等方面进行了对比分析。[结果]研究表明:结构、墙体一体化装配式系统在现有的条件下,最适合在 500 kV 变电站中应用。[结论]结构、墙体一体化装配式系统是具有可行性和代表性的设计方案。

关键词: 装配式; 工业性; 模块化

中图分类号: TM7; TU271

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)01-0109-05

Application Research on Control Building in 500 kV Substation

ZHANG Zhe

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] In order to realize the standardized architectural design, factory processing and assembly construction for substations. [Method] The control building of 500 kV substation was taken as the research object, and the location of its industrial facilities was specified according to the functional requirements of the substation. Through comprehensive consideration of process flow, functional requirements, building materials, building technology, natural conditions and other factors, the selection of building materials, structural type selection, modular design, fire prevention, energy saving and other aspects were comparative analysis. [Result] The results show that the structure and wall integrated assembly system under the existing conditions is the most suitable for 500 kV substation. [Conclusion] The structure and wall integrated assembly system is feasible and representative.

Key words: assembly type; industrial; modularization

长久以来,建筑主要采用混凝土现场施工的作业方式,工业化程度较低,并且耗水、耗能,同时现场的人工垃圾以及污水排放量也非常大,已经不符合当今国家环保节能的可持续发展政策^[1]。工厂预制、现场装配的装配式做法,可以实现建筑产业化,同时也有效提高了相应材料在节能和结构性能方面的效率,节约了能源与资源的消耗,减少建筑垃圾和对环境的不良影响等。

国务院办公厅于 2016 年的 9 月 27 日发布了一个指导意见,即《国务院办公厅关于大力发展装

配式建筑的指导意见》,其中提出了“健全标准规范体系、创新装配式建筑设计、优化部件生产、提升装配式施工水平、推进建筑全装修、推广绿色建材、推行工程总承包、确保工程质量安全”等八个重点任务。该指导意见树立了创新、绿色、协调、共享、开放的发展理念,并且提出了应按照绿色、适用、安全、经济、美观的要求,推动建筑物建造方式的创新,要求进一步发展装配式建筑。

本文以 500 kV 变电站工程站内建筑构筑物为设计研究对象,以实现变电站建筑标准化设计、工厂化加工、装配式建设为研究目标,秉承变电站模块化设计的指导思想及设计原则。通过综合考虑节能环保、防火性能、隔声降噪、施工效率及经济效益等因素,提出最符合 500 kV 变电站装

收稿日期: 2017-12-19 修回日期: 2018-08-12

基金项目: 中国能建广东院科技项目“500 kV 全户内变电站设计研究”(EX03631W)

装配式建筑的外墙维护系统,以符合现代装配变电站的建设要求,并具有可行性、代表性及推广意义。

1 装配式建筑墙体材料研究

1.1 墙体材料特性

装配式建筑推广中的首要关键问题就是外墙材料的选择。在材料选择的方面,应至少遵循以下三点。

1.1.1 契合建筑自身需求

装配式外墙是主要的围护结构,在满足安全性的基础之上,需要兼顾隔热、保温、防水、防潮、防火等方面的性能要求^[2]。

1.1.2 满足装配式的施工

为了便于施工过程中搬运、减少施工步骤、提高施工效率,需综合考虑外墙材料构造、自身的尺寸以及质量等方面的影响,从而采用标准化、模数化和轻质的材料。

1.1.3 造价合理

造价的控制应综合考虑,其中包括设计、生产、运输、贮存、施工等多个方面。譬如,建筑尺寸的模数化,墙体材料模具的高利用率;选择高性能材料,增加墙体自身的使用寿命等。外墙材料的分类以及特性对比如表1、表2所示^[3]。

表1 外墙材料分类

Tab. 1 Classification of exterior wall materials

构造形式	加工方式	材料名称
单板 (即条板)	—	玻璃纤维混凝土板、 蒸压加气混凝土板等
	预制板(小板)	金属复合板、复合夹芯板板等
复合板	预制板(大板)	太空板、结构\围护\装饰一体板等
	现场复合板	轻钢龙骨墙体、灌浆墙体等

1.2 常用墙体种类

1.2.1 墙体主体材料

1) 混凝土

混凝土具有原料丰富,价格低廉,生产工艺简单的特点,因而使其用量越来越大;同时混凝土还具有抗压强度高,耐久性好,强度等级范围宽;防水性能好;组分材料来源丰富,经济性好;易成形为任意形状和尺寸的构件;可大量利用工业废料;可与钢材复合使用^[4]。

表2 各类型外墙对比

Tab. 2 Comprehensive comparison of various types of exterior walls

外墙类型	保温性能	防水	施工	维护
单板类 外墙	板体厚度随保温要求而增加,保温在板缝处较薄弱	板缝处需处理	连接件需焊接,需吊装,施工快	填缝材料易老化,需定期修补
工厂预制 复合 外墙板	保温层不连续,易产生冷桥	板缝处需处理	连接件需焊接,需吊装,施工快	填缝材料易老化,需定期修补
现场复 合外 墙 板	有空气间层,保温材料连续贯通,保温性能好	有空气间层,保温材料分层错缝,避免渗水	材料需现场复合,施工复杂	填缝材料易老化,修补时可分别更换

2) 轻骨料混凝土

轻骨料混凝土是指采用轻骨料的混凝土,其表观密度不大于 $1\ 900\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。人造轻骨料的另一名称为陶粒。

轻骨料混凝土具有多种优越的性能,如轻质、高强、保温、耐火等,并且还具有良好的变形性能以及较低的弹性模量^[5]。

轻骨料混凝土的应用可减轻结构自重、节约材料用量、提高构件运输和吊装效率、减少地基荷载及改善建筑物功能等。

3) 压型钢板

压型钢板具有良好的防水性能和耐久性。采用压型钢板墙体,其内外层板之间夹保温棉,并且带肋压型钢板使得外墙具有较强立体感。

1.3 墙体材料的筛选

1.3.1 墙体主体材料筛选

1) 轻骨料混凝土具有较低的导热系数,不易导热,大热阻,相对于普通混凝土材料更能保护好钢筋。

2) 轻骨料混凝土的抗震性能佳,其本身具有质量轻、密度小以及很强的荷载承受能力等特点,因此,在减震效果方面具有很好的表现^[6]。

3) 轻骨料混凝土具有良好的耐久性,相对普通混凝土材料,其具有更好的抗渗性、抗冻性和抵抗各种化学侵蚀的能力。

4) 轻骨料混凝土的结构效益好,相比普通混凝土材料表观密度低 $20\% \sim 40\%$;强度大,质量轻,

可提高结构的承载力^[7]。

综上所述，轻骨料混凝土潜力巨大，更适合作为装配式外墙板的主体材料。

1.3.2 墙体保温材料筛选

目前国内常用的保温材料主要为挤塑聚苯保温板(XPS)和 EPS 板，两者在性能及优缺点比较如下。

1.3.2.1 性能比较

1)保温隔热性能：EPS 的导热系数为 0.041，而 XPS 的导热系数为 0.030。因此在同等保温要求下，XPS 比 EPS 的板材厚度要薄，但 XPS 板在价格方面要贵于 EPS 板。

2)抗拉强度：EPS 的抗拉强度为 110 kPa ~ 120 kPa，最高可达 140 kPa 左右。而 XPS 为 150 kPa ~ 700 kPa 或更高^[8]。

但由于 XPS 相比 EPS 其脆性较大，在粘贴面积较大时，存在面层开裂的可能性较高。

3)耐候性：耐候性指的是墙体保温系统对于室外温度、湿度等若干室外环境变化的适应能力，是一个相当重要的评价指标。由于 EPS 较 XPS 具有更高的吸水性，所以其耐候性的不如 XPS。

4)透气性：XPS 本身不吸水，并其导热系数为现有的保温材料中最低的，是国家推广的保温材料。

1.3.2.2 优缺点对比

EPS 与 XPS 保温板材料的优缺点对比表如表 3 所示。

表 3 EPS 与 XPS 保温板材料的优缺点对比表

Tab. 3 Comparison of the advantages and disadvantages of EPS and XPS insulation board materials

材料	优点	缺点
EPS 板	技术已形成体系	强度不高，承重能力较低
	保温效果好	施工后板材收缩，易开裂
	价格适中	燃烧性能差
	无复杂的施工工艺，便于推广	不环保
	—	导热性能差
XPS 板	更好的保温隔热性能	XPS 板本身的强度较高
	良好的抗湿性	价格与 EPS 板相比较高
	良好的抗压强度	—
	使用性能高	—
	已经得到了广泛的关注和推广，并且形成了国家 XPS 保温系统标准	—
	燃烧等级为 A 级	—

可知，XPS 板作为墙体保温材料具有很大的优越性，因此，结构\围护\装饰一体化预制外墙板保温材料推荐选取 XPS 板。

1.4 装配式外墙板主体材料推荐

综上所述，装配式外墙板的主体材料采用轻骨料混凝土，保温材料选用 XPS 板。

2 变电站装配式建筑物方案

2.1 变电站装配式建筑应用范围

我国变电站主要包括常规户外及户内变电站两种类型。

户内站为所有电气设备集中布置在一栋建筑物内，因此全站仅一栋建筑物，即配电装置楼，层数最高可达 5 层，属高层工业建筑。此类变电站装配式一般采用钢结构+压型钢板方案。

常规户外变电站以 500 kV 变电站为例，建筑一般包含主控通信楼、GIS 室、站用电室及 35 kV 开关柜室、500 kV 继电器小室、220 kV 继电器小室、消防水泵房等建筑物，均为单层。同时此类变电站逐步向智能化无人值班变电站发展，站内建筑物均等到了一定程度地简化，继电器室由预制仓代替，从而设置主控通信楼建筑一栋即可满足相应的功能需求，并且其内部的房间功能也更加单一。

因此，此类变电站的建筑物更适合采用结构维护一体化体系的装配式。由于建筑为单层，吊装方便，同时，建筑功能相对单一，可通过标准化轴网，统一的开间、进深，进而可以采用相同的尺寸装配单元，更有利于工厂统一加工制作、运输，也便于现场施工安装。

2.2 装配式模块化标准化布置

500 kV 变电站为由少人值班向无人值班过渡的智能化变电站。随着智能变电站运行方式的改变，变电站内的主要建筑物的功能房间均得到了简化，例如继电器室由预制仓代替，主控室取消改为远程控制等。

变电站内建筑主要由生产用房和辅助用房两部分组成，生产用房包括二次设备室、交流站用电屏室等设备用房，这些房间的数量和大小根据工艺要求布置设计。辅助用房包括辅助生产用房和少量办公、生活用房，这些房间一般都集中布置在一起，是建筑的主要组成部分。相对常规方案的主要变化

是取消了门厅、走廊、主控制室,保留卫生间、资料间、安全工具间。保留卫生间主要是智能化变电站按少人值班向无人值班过渡考虑,适当保留最低标准的休息房间,做为特殊情况下工作人员用房。保留安全工具室和资料间是因为现在已经取消检修,所以设置安全工具室,放一些日常维护、检测的工具比较合适。

2.2.1 建筑物布置集约式布置

从全站总布置来看,目前国内大多数变电站,通常都是将主控楼布置在一个靠近变电站入口,又居单独区域中的位置,这样必定需要较大的一块场地。针对这个缺点,通过平面尺寸的优化,恰当地将二次设备室及功能用房集约布置的主控通信楼布置在变电站场地的中心位置。

2.2.2 柱网、开间进深标准化模块化

变电站设备室及功能用房宜布置成规整的矩形,其主要设备室及功能用房主要成分分为三部分:二次设备室、交流站用电屏室和相应辅助房间。

不专门设置独立的门厅,而是将各功能房间的入口布置在建筑四周,这样布置入口没有门厅面积。既满足使用要求又节省建筑面积和体积。

为应对装配式建筑物对于建筑平面规整性、模块化及标准化的诉求,建筑物平面柱网以标准化、模数化为目的,在实现功能区域合并的基础上进行微调,归并开间、跨度及层高,最大限度的提高构件重复利用率。

建筑物轴网的布置原则应以建筑模数为基本原则,采用基本模数和扩大模数的方法实现协调的建筑空间尺寸,从而便于工厂统一加工以及减少现场加工构件的种类和数量。

建筑剖面设计中由于各房间的不同使用功能,房间的层高和净高要求也不同,但是为了节约投资,需充分利用建筑空间,统一房间高度,减少建筑体积。

2.3 装配式建筑关键节点

针对装配式建筑节点防水、保温的传统薄弱环节做了大量改进,比如:“装配式墙板竖向空腔防水保温构造”、“装配式雨篷空腔防渗保温构造”和“屋面边缘‘L’型防水构造”等创新节点做法,可显著提高装配式建筑的整体防水、保温性能。

2.3.1 装配式墙板竖向空腔防水保温构造

墙板采用大板工艺,板缝连接采用独特的竖向空腔防水保温构造,设置三道防水防线,板缝内外两侧密封防水采用合成高分子密封胶+弹性塑胶棒塞缝,具有良好的粘接强度和密封性能,并具有良好的耐高低温性能和耐久性。中部竖向空腔内侧设置竖向橡胶空心止水带,可大大提高防渗性能。同时板缝连接处的竖向空腔阻隔内外热桥的形成,从而达到保温目的,具体如图1、图2和图3所示。

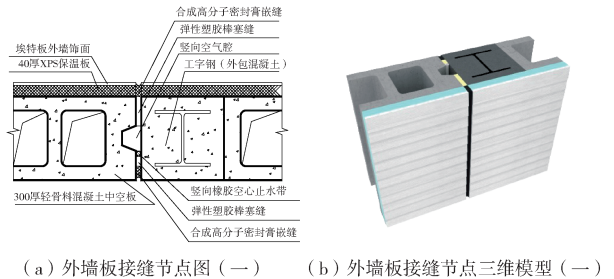


图1 装配式墙板竖向空腔防水保温构造(一)

Fig. 1 Waterproof and thermal insulation structure of vertical cavity of assembly wall panel (1)

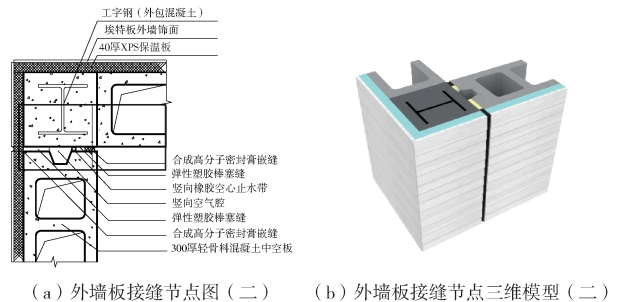


图2 装配式墙板竖向空腔防水保温构造(二)

Fig. 2 Waterproof and thermal insulation structure of vertical cavity of assembly wall panel (2)

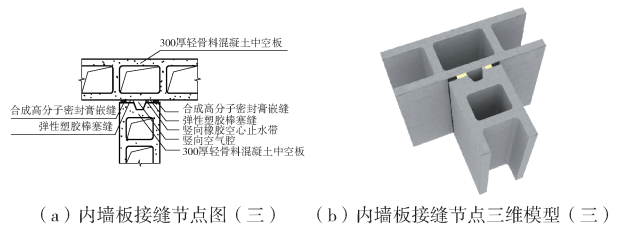


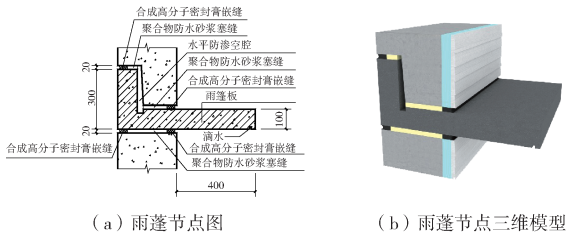
图3 装配式墙板竖向空腔防水保温构造(三)

Fig. 3 Waterproof and thermal insulation structure of vertical cavity of assembly wall panel (3)

2.3.2 装配式雨篷空腔防渗保温构造

装配式雨篷与墙板接缝的中部设置横向空腔,阻隔内外热桥,并防止水汽渗入,结合两端密封止

水构造措施, 可有效提高装配式建筑物节点防水保温效果, 具体如图 4 所示。



(a) 雨篷节点图

(b) 雨篷节点三维模型

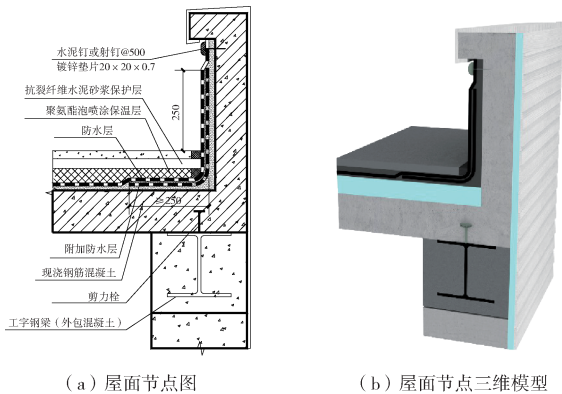
注: 尺寸单位为 mm。

图 4 装配式雨篷空腔防渗保温构造

Fig. 4 Assembling type rainshed cavity impervious insulation structure

2.3.3 屋面边缘“L”型防水构造

屋面边缘采用“L”型翻边结构, 穿墙雨水管采用金属止水片, 结合其它密封止水构造措施, 可有效提高装配式屋面防水效果, 具体如图 5 所示。



(a) 屋面节点图

(b) 屋面节点三维模型

注: 尺寸单位为 mm。

图 5 屋面边缘“L”型防水构造

Fig. 5 “L” waterproof structure on the roof edge

3 结论

本文通过综合考虑工艺流程、功能需求、建筑材料、建筑技术、自然条件等因素, 对建筑物材料选择、结构选型、模块化设计、防火、节能等方面进行了对比分析。研究结论如下:

1) 对于无人值守变电站, 由于建筑物均为单层布置, 装配式的建筑布置可实现柱网规格尺寸标准化, 开间进深模块化, 功能房间单元化, 有利于工业化加工和安装。

2) 为提高模板重复利用率、节约成本, 建筑装配式基本单元尺寸规格应统一。

3) 装配单元的重量和尺寸控制在可运输范围内。

4) 墙体与主结构功能集成整合为一体(即“结

构、墙体一体化装配式系统”), 墙体、保温、饰面、门窗框、预敷管线等均在工厂复合加工, 减少现场作业。

5) 钢结构防火防腐问题利用陶粒混凝土包裹实现。

6) 墙板主材料采用陶粒混凝土、保温材料选用 XPS 板、外饰面为埃特外墙叠合板, 均为轻质、环保、节能的新型材料。

在实际应用中, 建议如下:

1) 装配式建筑是一个建筑体系, 涉及了方方面面, 因此它的推动和发展需政府、研究机构、设计、生产厂家、施工等多方面联合协作。

2) 制定相关的图集, 便于有效指导工程实际应用, 同时规范市场, 保证质量。

3) 装配式建筑外墙的工业化重点在于两个方面, 一是外墙材料和外墙本身各项性能, 另外一个就是在外墙尺寸和连接节点。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张锡治, 李义龙, 安海玉. 预制装配式混凝土剪力墙结构的研究与展望[J]. 建筑科学, 2014, 30(1): 26-30.
- [3] 张爱林, 胡婷婷, 刘学春. 装配式钢结构住宅配套外墙分类及对比分析[J]. 工业建筑, 2014, 44(8): 7-9.
- [4] 张波, 李建新. 建筑工业化装配式外墙板的选择[J]. 广东建材, 2013, 29(7): 5-8.
- [5] 叶增平. 建筑工业化装配式复合外墙板的发展现状与趋势[J]. 福建建设科技, 2016(1): 28-30.
- [6] 陈建伟, 苏幼坡. 预制装配式剪力墙结构及其连接技术[J]. 世界地震工程, 2013, 29(1): 38-48.
- [7] 蒋勤俭. 国内外装配式混凝土建筑发展综述[J]. 建筑技术, 2010, 41(12): 1074-1077.
- [8] 梁桂保, 张友志. 浅谈我国装配式住宅的发展进程[J]. 重庆工学院学报, 2006, 20(9): 50-52.

作者简介:



ZHANG Z

张喆(通信作者)

1983-, 男, 河南开封人, 高级工程师, 重庆大学建筑学硕士, 主要从事交直流电网工程的建筑设计工作(e-mail) 27005773@qq.com。

(责任编辑 郑文棠)