

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.04.016

全户内变电站装配式建筑墙体细化设计与应用

谭秋月¹, 张海刚², 刘盼盼²

(1. 电力规划设计总院, 北京 100120; 2. 中国能源建设集团陕西省电力设计院有限公司, 西安 710054)

摘要: [目的]为促进变电站建设的规范、统一,提高建设效率,国家电网编制了通用设计并推广装配式建筑。在应用通用设计时简单套用标准图集,对具体工程可能会造成不必要的浪费,必须针对工程项目实际,结合建筑材料的发展,进行优化和细化设计。[方法]结合工程实例,根据功能需要和建筑材料性能,在满足结构、功能要求前提下,按照建筑、节能降噪、防火等要求,对全户内变电站装配式建筑墙体进行优化和细化设计研究,经过计算,确定了墙体构造、用材、厚度等具体设计参数。[结果]研究表明:细化设计方法通过多项工程实例检验,细化设计后节省了建材,节约了建筑占地,达到了节能目的。[结论]提出的细化设计方法可为同类工程设计和建设管理者提供借鉴和参考,值得推广应用。

关键词: 装配式建筑; 节能降噪; 耐火极限; 墙体; 细化设计

中图分类号: TM63; TU208

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)04-0105-06

Refined Design and Application of Assembled Building Wall for All-indoor Substation

TAN Qiuyue¹, ZHANG Haigang², LIU Panpan²

(1. China Electric Power Planning & Engineering Institute, Beijing 100120, China;

2. China Energy Engineering Group Shan'xi Electric Power Design Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

Abstract: [Introduction] For the purpose of unifying and standardising construction process of substation, the assembled building is popularized and its standard design principles are made by the State Grid Corporation of China. However, it may result in unnecessary waste if the designers always simply apply the standard design principles and atlas. Combining the development of construction materials and practical application, the refined design is necessary and essential. [Method] On the premise of meeting the requirements of structure, function, energy conservation, noise reduction and fire prevention of the building, and basing on the performance of building materials, refined design of the assembled building wall of substation was presented and the concrete design parameters such as wall material and dimensions achieving energy conservation and material saving were clarified. [Results] After several practical tests in the field, it shows that this technique is effective on saving construction materials, reducing size of construction site and energy conservation. [Conclusion] The feasibility and practicability of this technique is demonstrated, which can provide reference and guidance for the engineers and managers in the similar projects.

Key words: assembled building; energy conservation and noise reduction; fire resistance limit; wall; refined design

装配式建筑也称建筑工业化^[1],具有施工速度快、施工受天气影响小、建筑垃圾少、减少人工和模板、质量更加可靠等优点,因现场湿作业少,更

加绿色环保。装配式建筑在日本和欧美地区较为流行,在我国还处于起步阶段。国家住建部出台了《建筑产业现代化发展纲要》,大力鼓励发展装配式建筑,计划装配式建筑占新建建筑的比例达50%以上(到2025年)。装配式建筑已然成为了所有民用和工业建筑的发展趋势。

近年来,为满足社会用电需求、实现优质高效

收稿日期: 2018-09-13 修回日期: 2018-10-15

基金项目: 中国能建陕西院科技项目“城市小型110 kV智能变电站通用设计方案”(61-K2014-15)

建设电网工程的目标,国家电网公司组织编制了《国家电网公司输变电工程通用设计:35~110 kV 智能变电站模块化建设施工图通用设计(2016年版)》等一系列通用设计(以下简称《国网通用设计》)。在该通用设计中,变电站建筑物均采用装配式。但在实际应用中,《国网通用设计》并不能完全代替施工图设计。在实践中,由于装配式变电站建设还处于研究探索阶段,设计人员大多采用套用通用设计、套用图集和厂家二次设计的方法^[2]。随着建筑科技的不断发展,建筑新材料不断涌现,工业设计人员对于建筑材料的更新难以及时掌握,简单套用图纸就会造成功能不合理、浪费墙板材料、设备箱安装不上等各种实际问题。所以,设计人员在使用《国网通用设计》进行土建设计时,还必须针对具体工程进行优化和细化设计。

本文在《国网通用设计》的基础上对变电站的装配式建筑进行细化设计研究,达到了节能、节材、节约占地的效果,既可供同类工程直接使用,提高设计效率,也可供相似工程借鉴参考,因此,具有一定的实践意义和推广价值。

1 墙体设计分析与计算

装配式建筑墙体可分为预制板类和预制砌块类。在我国,变电站的装配式建筑,结构主体一般为钢结构,建筑墙体常选用预制板中的压型钢板、ALC板(蒸压加气混凝土板)、石膏板等。

传统的钢筋混凝土建筑物内外墙是实体墙,在满足结构设计的条件下,基本都能满足节能、降噪、防火等要求,在墙体材料、墙厚上没有更多的设计空间。而装配式建筑墙体,在材料上有多种选择,墙体厚度可以更加灵活,如果使用相同墙体,

就会造成不必要的浪费。比如配电装置楼,不同部位的墙体应有区别的进行设计,即便都是内墙,也应根据墙体的耐火极限、节能、降噪、设备安装等因素进行优化和精细化设计,体现出装配式建筑的优点。

《国网通用设计》因篇幅受限,装配式建筑墙体只推荐了形式,没有详图设计。陕西西安某110 kV变电站,采用《国网通用设计》中全户内变电站110-A2-3方案^[3](应用本文时应以《国网通用设计》中该方案的适用条件为准)。该变电站为城市型全户内变电站,《国网通用设计》统一了配电装置楼的墙体材料:外墙采用压型钢板复合板,内墙采用轻钢龙骨石膏板隔墙。在该工程设计时,根据规程规范的防火、节能、降噪等要求,分别对变电站的内隔墙、外墙,进行墙体参数细化设计研究,内墙主要根据墙体材料耐火极限进行设计,外墙根据防火、节能、降噪等要求进行设计计算。

1.1 一般外墙节能计算

变电站一般外墙设计,依据《工业建筑节能设计统一标准》(GB 51245—2017)进行计算,结果及参数如表1、表2和表3所示。根据计算,110-A2-3方案配电装置楼满足节能要求的外墙构造为:金属岩棉板(双面单层彩钢板,中间填充70 mm厚、容重100 kg/m³的岩棉)+轻钢龙骨单面钉纸面石膏板(20 mm厚)。

1.2 主变压器室外墙降噪设计计算

变电站主变压器设备会产生一定的噪声,城市户内变电站一般位于城区,距文教区、居民楼较近,容易引发环境矛盾。根据《城市区域环境噪声标准》的要求,当处于标准中规定的五类区域时,不能超过该区域环境噪声的最高限值,因此户内站

表1 建筑节能计算外墙构造一

Tab. 1 Energy conservation calculation of external wall structure I

材料名称 (由外至内)	厚度 δ / mm	导热系数 λ / (W · m ⁻¹ · K ⁻¹)	蓄热系数 S / (W · m ⁻² · K ⁻¹)	修正系数 α	热阻 R / (m ² · K · W ⁻¹)	热惰性指标 $D = R \cdot S$	吸收 系数*	传热系数 $K = 1 / (0.15 + \sum R)$
镀锌钢板	1	58.200	126.284	1.00	0.000	0.002	0.75	0.55
岩棉板	70	0.045	0.684	1.00	1.556	1.064	0.75	0.55
镀锌钢板	1	58.200	126.284	1.00	0.000	0.002	0.75	0.55
空气间层(60mm)	20	0.353	0.171	1.00	0.057	0.010	0.75	0.55
石膏板	20	0.330	5.144	1.00	0.061	0.312	0.75	0.55
各层之和 Σ	112	—	—	—	1.673	1.390	—	—

注: * 为外表面太阳辐射吸收系数。

表2 外墙总体热工特性

Tab. 2 Thermal characteristics of external wall

构造名称	构件类型	面积/m ²	面积所占比例	传热系数 K / ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	热惰性 指标 D	太阳辐射 吸收系数
外墙构造一	主墙体	1 587.02	0.973	0.55	1.39	0.75
热桥柱构造一	热桥柱	43.78	0.027	0.53	1.83	0.75
合计		1 630.80	1.000	0.55	1.40	0.75

注: 标准依据《工业建筑节能设计统一标准》(GB 51245—2017)第4.4.1条, 标准要求 $K \leq 0.80$, 外墙总体热工特性结论为满足。

表3 综合权衡

Tab. 3 Integrated consideration

指标参数	设计建筑	参照建筑
全年供暖空调标煤能 耗/($kgce \cdot m^{-2}$) ^①	20.18	20.44
空调标煤能耗/($kgce \cdot m^{-2}$)	4.02	3.52
供暖标煤能耗/($kgce \cdot m^{-2}$)	16.16	16.93
耗冷量/($kWh \cdot m^{-2}$)	27.94	24.43
耗热量/($kWh \cdot m^{-2}$)	78.92	82.67
标准依据	《工业建筑节能设计统一标准》 (GB 51245—2017)第4.4.4条	
标准要求	设计建筑的能耗不大于 参照建筑的能耗	

的主变压器室墙体需要根据所处环境类别采取相应的噪声控制措施, 本方案按2类标准控制。

国内专家和机构对变压器的噪声特性进行了大量研究, 根据变压器频谱样本的平均值分析, 最高噪声频谱主要集中在低频段 20 ~ 630 Hz 之间^[4]; 从变压器噪声的 1/3 倍频程频谱图^[5]可以看出, 变压器噪声频谱主要集中在 1 kHz 之内。主变压器独立安装于主变室内, 变压器产生的噪声通过四周墙体向外辐射, 变压器外壳与墙体之间形成平行反射面, 形成较强的混响噪声, 再加之混响噪声与变压器噪声的叠加, 使得主变室内的总噪声声压级提高。为了有效降低室内所承受的噪音, 设计采用在内墙体上设置穿孔吸声板的方法, 对室内进行吸音处理。根据相关研究^[6], 穿孔吸声板孔径选择在 3 ~ 10 mm 之间, 板厚选择 9 ~ 15 mm, 板后空腔深度一般在 5 ~ 50 cm, 腔体内填充离心玻璃棉。根据类似工程经验, 本案例选择 5 mm 厚穿孔吸音板, 8 cm 厚空腔, 内填离心玻璃棉, 外加墙体围护结构, 可满足 2 类标准降噪设计要求。

2 内墙体设计

由于功能需求不同, 变电站不同部位墙体的设计要求不同。装配式建筑的优点是墙体可以灵活设计, 如果采用相同构造墙体, 必然会造成浪费。根据《建筑设计防火规范》对建筑物构件耐火极限的规定以及建筑、节能、降噪的要求, 110-A2-3 方案配电装置楼不同部位墙体要求如图 1 和图 2 所示。根据前面计算, 对不同部位的墙体进行细化设计。

2.1 主变压器室内隔墙

配电装置楼的火灾危险性为丙类, 耐火等级为一级。根据《火力发电厂与变电站设计防火规范》, 主变压器室的墙体应为防火墙, 耐火极限为 3 h。按照《国网通用设计》, 推荐内隔墙采用耐火石膏板。如果墙体设计采用轻钢龙骨两面钉耐火纸面石膏板, 根据《建筑设计防火规范》相关内容和国标图集 07CJ03-1 中的构造(选取具有国家检测机构检测报告的构造), 墙体结构层次应为: 3 × 12 mm(耐火纸面石膏板) + 100 mm(钢龙骨, 内填 100 mm 厚容重 100 kg/m³ 岩棉) + 3 × 12 mm(耐火纸面石膏板), 墙体截面厚度约为 172 mm。考虑降噪因素, 主变压器室内隔墙的构造(由外至内)为: 3 × 12 mm(耐火纸面石膏板) + 100 mm(钢龙骨, 内填 100 mm 厚容重 100 kg/m³ 岩棉) + 3 × 12 mm(耐火纸面石膏板) + 80 mm 空腔(钢龙骨, 内填 80 mm 厚玻璃丝绵) + 穿孔吸声板。

随着建筑材料科学技术的发展, 新型材料不断更新, 而且性能逐步提高, 设计人员需要不断了解建筑材料发展, 及时掌握新型建筑材料的性能及应用情况。通过调研已实施项目, 陕西建筑市场上另有一些防火板材在构造层次上更加简单, 比如特级耐火纸面石膏板、硅酸盐防火板等。该工程实例采

① 1 千克标准煤当量(1 kgce)的热值等于 29.307 MJ。

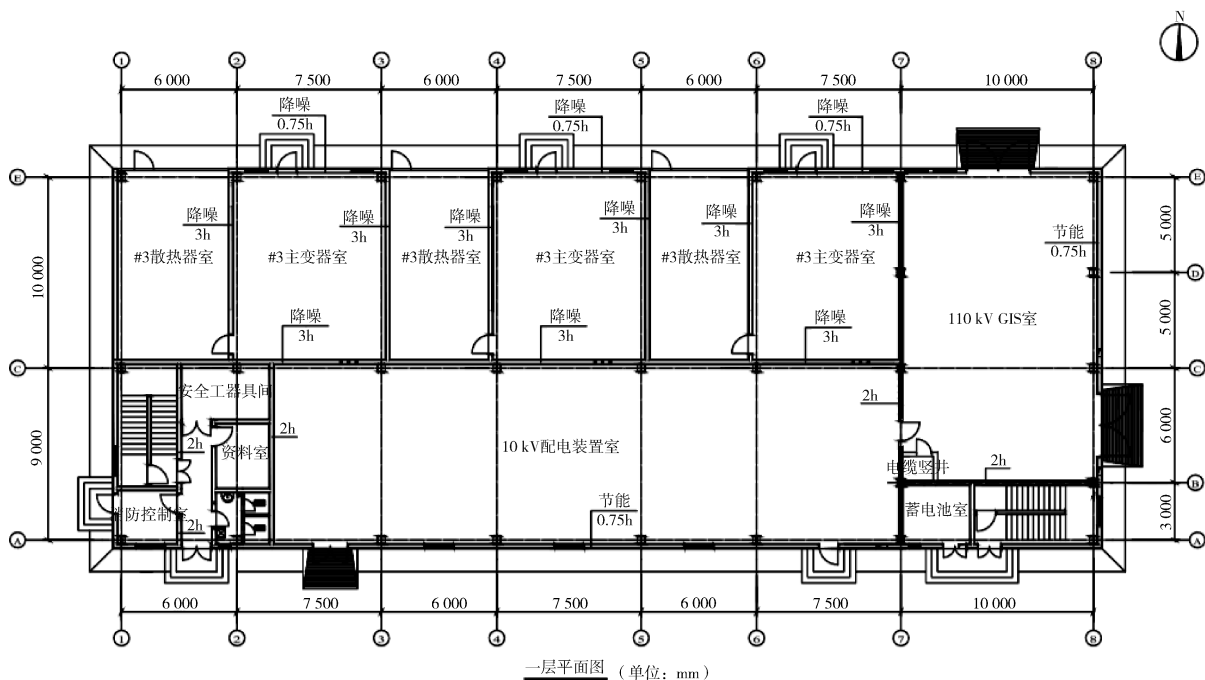


图1 配电装置楼墙体耐火极限、节能降噪要求示意图(一层)

Fig. 1 Fire resistance limit and energy conservation requirements of power distribution building wall (1st floor)

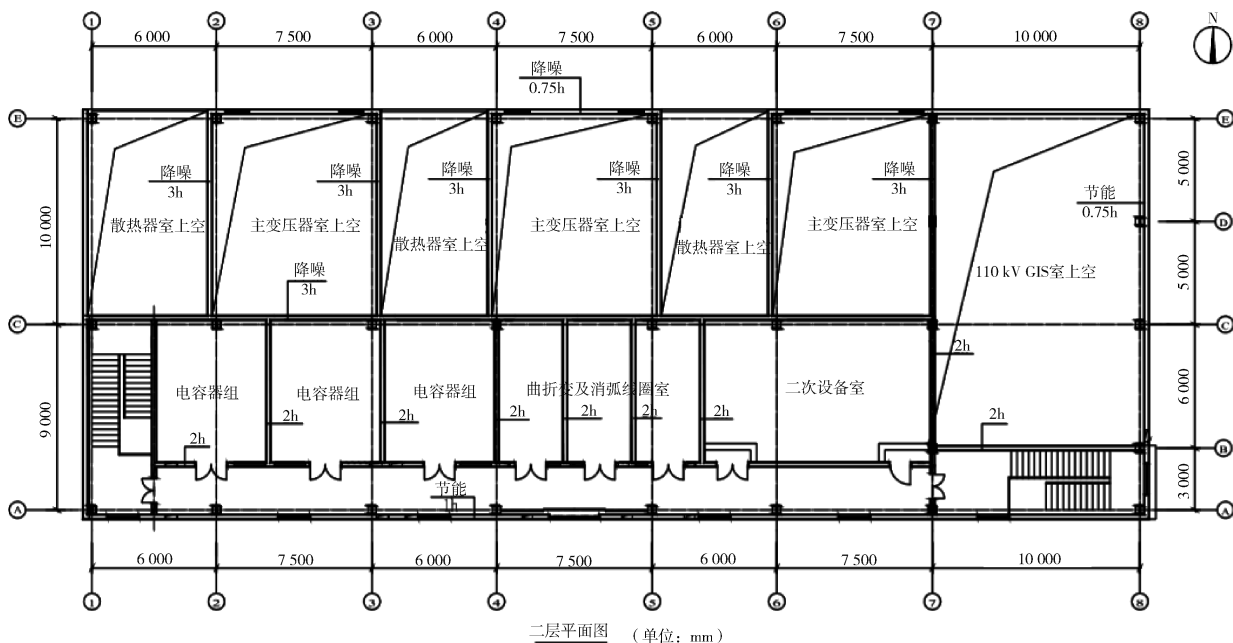


图2 配电装置楼墙体耐火极限、节能降噪要求示意图(二层)

Fig. 2 Fire resistance limit and energy conservation requirements of power distribution building wall (2nd floor)

用特级耐火纸面石膏板进行设计, 根据其耐火实验检测数据, 主变压器室内墙构造设计为 $2 \times 15 \text{ mm}$ (特级耐火纸面石膏板) + 75 mm (钢龙骨, 内填 60 mm 厚容重 100 kg/m^3 岩棉) + $2 \times 15 \text{ mm}$ (特级耐火纸面石膏板), 墙体截面厚度约为 135 mm , 优化设

计后压缩了 37 mm 。因此, 建议设计人员根据工程特点、地区建筑材料不同和当地市场情况, 在满足规范的情况下, 灵活选取更经济适用的板材。

2.2 楼梯间内隔墙

楼梯间内隔墙应满足耐火极限 2h , 且没有其他

的保温、隔声或者设备安装的特殊要求。根据《建筑设计防火规范》,设计采用轻钢龙骨两面钉耐火纸面石膏板隔墙,墙体构造为:2×12 mm(耐火纸面石膏板)+75 mm(Z型钢龙骨,内填50 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+2×12 mm(耐火纸面石膏板),墙体截面厚度约为123 mm。

2.3 疏散走道两侧隔墙

该方案配电装置楼首层和二层有两条疏散走道,应满足耐火极限1h。在没有保温或隔声等特殊要求的情况下,根据《建筑设计防火规范》,设计采用轻钢龙骨两面钉耐火纸面石膏板隔墙,构造为:12 mm(耐火纸面石膏板)+75 mm(钢龙骨,内填50 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+12 mm(耐火纸面石膏板),截面厚度约为99 mm。

2.4 其他房间隔墙

依据《建筑设计防火规范》第6.2.7条,消防控制室、10 kV 配电装置室、10 kV GIS室、电容器室、曲折变及消弧线圈室,设置耐火极限不低于2 h的墙体同其他部位分隔。因此该隔墙构造为:2×12 mm(耐火纸面石膏板)+75 mm(钢龙骨,内填50 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+2×12 mm(耐火纸面石膏板),截面厚度约为123 mm。

其他室内隔墙耐火极限为0.75 h,墙体构造为:12 mm(耐火纸面石膏板)+75 mm(钢龙骨,内填50 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+12 mm(耐火纸面石膏板),截面厚度约为99 mm。

2.5 安装设备箱的内墙体

根据给排水、消防、电气等工艺专业的需求,配电装置楼的某些部位墙体需要安装设备箱,通常是消火栓箱、配电箱、控制箱等,消火栓箱常见最大尺寸为1 600 mm(高)×700 mm(宽)×240 mm(厚),配电箱常见尺寸有450 mm(宽)×550 mm(高)×190 mm(深)。前文所述墙体较薄,在厚度上不能满足箱体安装要求,如果箱体局部突出墙体,既不美观又存在安全隐患,所以,安装有箱体的隔墙优化设计为双排龙骨,将箱体内嵌于墙体中间。箱体安装处往往埋管密集,经细化设计后,墙体即可满足箱体安装要求,又可在双排龙骨空隙中埋管,也避免了埋管过多对单层龙骨整体性的破坏。

3 外墙设计

变电站一般外墙需要进行节能设计,主变压器

室外墙需要进行防火、节能、降噪设计。下面分一般外墙和主变压器室外墙进行论述。

3.1 一般外墙

110-A2-3方案配电装置楼除主变压器室外墙外,其他外墙在满足规范要求的耐火极限前提下,主要考虑外围护和节能要求。根据前面墙体节能计算,综合考虑外墙的耐火时间要求,一般外墙的构造层次设计为金属岩棉夹芯板(双面单层彩钢板,中间填充70 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+轻钢龙骨单面钉耐火纸面石膏板(20 mm厚)。

3.2 主变压器室外墙设计

主变压器室外墙分两种情况:

如果总平面规划与站外建筑物不满足防火间距,主变压器室外墙应同时满足降噪和耐火极限≥3 h的要求,主变压器外墙构造(由外至内)为:金属岩棉夹芯板(双面单层彩钢板,中间填充110 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+3×12 mm(耐火纸面石膏板)+100 mm(钢龙骨,内填100 mm厚容重100 kg/m³岩棉)+3×12 mm(耐火纸面石膏板)+80 mm空腔(钢龙骨,内填80 mm厚玻璃丝绵)+穿孔吸声板。

如果总平面规划与站外建筑物满足防火间距,主变压器室外墙主要满足外围护及降噪要求,主变压器外墙构造(由外至内)为:金属岩棉板(双面单层彩钢板,中间填充110 mm厚容重100 kg/m³的岩棉)+80 mm空腔(钢龙骨,内填80 mm厚玻璃丝绵)+穿孔吸声板。

4 结论

本文从耐火极限、节能、降噪等因素出发,对全户内变电站装配式建筑物墙体进行节能、降噪计算,分主变室内墙、楼梯间内墙、疏散走道内墙、其他内墙、安装箱体内墙,主变室外墙、普通外墙共7类墙体进行细化设计研究,应用建筑新材料,计算得出墙体最优参数,比传统做法节约了建材、节省了资金、增加了使用空间。该做法已在西安某110 kV变电站设计中应用验证,可为今后的类似工程设计和建设管理者提供借鉴和参考。

装配式建筑墙体在变电站中的实际应用还有很多不足,未完全实现工厂化预制,现场还存在较多的组装和二次饰面装修工作量。要真正实现装配式的理念,今后还应在变电站建设中加大新材料的研

究、推广和应用。

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.
ZENG R B, FAN S Y. Application and research of the prefabricated building for substation [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp.1): 239-243.
- [2] 刘建光, 祝昌团. 变电站装配式建筑设计研究与应用 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊1): 78-83.
LIU J G, ZHU C T. Research and application of prefabricated substation architectural design [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp.1): 78-83.
- [3] 国家电网公司. 国家电网公司输变电工程通用设计: 2016年版. 35 kV~110 kV 智能变电站模块化建设施工图设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2017.
- [4] 罗超, 查智明, 姚为方, 等. 运行中 110 kV 变压器的噪声特性 [J]. 变压器, 2015, 52(2): 65-69.
LUO C, ZHA Z M, YAO W F, et al. Characteristics of noise produced in operating 110 kV transformer [J]. Transformer, 2015, 52(2): 65-69.
- [5] 李明, 陈锦栋. 城市 110 kV 室内变电站噪声控制的分析 [J]. 噪声与振动控制, 2012, 32(1): 105-108.

LI M, CHEN J D. Analysis of noise control of an urban 110 kV indoor substation [J]. Noise and Vibration Control, 2012, 32(1): 105-108.

- [6] 耿明昕, 吴健, 安翠翠, 等. 110 kV 户内变电站降噪措施及设计优化研究 [J]. 智慧电力, 2013, 41(11): 80-85.
GENG M X, WU J, AN C C, et al. Research on noise reducing measures and design optimization of 110kV indoor substation [J]. Smart Power, 2013, 41(11): 80-85.

作者简介:



谭秋月

1970-, 女, 湖南东安人, 一级注册建筑师, 高级工程师, 建筑学专业, 主要从事电力工程、工业与民用建筑工程设计以及规划咨询、设计评审等工作(email) gytan@eppei.com.

TAN Q Y

(责任编辑 郑文棠)

能源知识

装配式建筑

装配式建筑的发展起源可追溯至 17 世纪, 当时向美洲移民时期所用的木构架拼装房屋, 就是一种装配式建筑。1857 年伦敦建成的用铁骨架嵌魄力的水晶宫是世界上第一座大型装配式建筑。第二次世界大战后, 欧洲国家以及日本等国家房荒严重, 迫切要求解决住宅问题, 促进了装配式建筑的发展。装配式建筑符合绿色建筑节能环保要求, 同时具有功能多样化、施工装配化、设计多样化、标准化、一体化装修等显著特点, 近年来装配式建筑在我国得到大量推广。雄安市民服务中心是雄安新区的第一个建设工程, 中国建筑设计院承担了企业办公区的设计任务。企业办公区采用了全装配化、集成化的集装箱式建造技术, 装配化率达 80%~90%。办公楼与酒店设计以 4 m×12 m 的集装箱作为基本单位, 适合运输, 便于灵活组合。办公基本单元为 1 000~1 200 m² 左右的“十字”单元组合。单元布局组合灵活, 可生长性强, 适于根据发展需求变化。



雄安市民服务中心装配式模块建筑效果图

(引自中国建筑设计院)