

Study on the Architectural Design of Booster Station of Mountain Wind Power Plant

Qing Zhou Zhang Pan ETIS

Central Southern Chian Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Wuhan, Hubei, 430071, China

Abstract

With the rapid development of China's wind power industry, people's requirements for the construction of wind farm booster stations in mountain areas are also increasing. This paper systematically summarizes the building function and scale of the booster station, combining with the actual production of the mountain area booster station building design case, and combined with the mountain area this special terrain, summarizes the characteristics of the mountain wind farm and the factors that need to be paid attention to in the design. Finally, from the five aspects of building layout, building plan details shaping, building section design strategy, building facade design strategy, building energy-saving design strategy, this paper provides several design ideas for the mountain wind power booster station building design, hoping to provide some useful reference for the follow-up mountain wind power plant design.

Keywords

mountain; wind farm; booster station; building; layout

山地风电场升压站建筑设计探究

周青 潘樟 艾蒂斯

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司, 中国 · 湖北 武汉 430071

摘 要

随着中国风电事业的迅速发展,人们对山区风电场升压站的建筑要求也在不断提高。论文结合实际生产中的山区升压站建筑设计案例,系统地总结了升压站的建筑功能和规模,并结合山地这一特殊地形,对山地风电场的特点和设计中需要注意的因素进行总结归纳。最后,从建筑布局、建筑平面细节塑造、建筑剖面设计策略、建筑立面设计策略、建筑节能设计策略等五个方面对山地风电场升压站建筑设计提供几个设计思路,希望为后续山地风电场设计提供一些有益的参考意见。

关键词

山地; 风电场; 升压站; 建筑; 布局

1 引言

风力发电是一种可再生的清洁能源,可以优化能源需求结构,对中国经济发展和生态环境有着极其重要的意义。在中国,山地有着丰富的风能资源,属于风电工程建设的主要地区,而在风电场中,升压站是非常重要的核心设施。有别于传统升压站,风电场升压站集生产、办公、休憩于一体,是多元化的综合体。山地风电升压站由于地处偏僻,相关工作人员需要常驻升压站,与外界联系较少,精神生活略为匮乏,从而在建筑设计时应以人性化需求为指导,尽量满足升压站在使用方面简单、便捷、美观和舒适的特性需求。因此,

探讨和研究山地风电场升压站建筑设计具有重要的现实意义。

2 风电场升压站建筑

2.1 建筑功能

由于风电场厂址一般选在比较偏僻的地方,这使相关的工作人员需要常驻在风电场升压站中,从而保障生产运行的有效顺利进行。因此,升压站中的建筑物应具备生产、办公及生活服务功能,为工作人员的各项事务办理以及生活提供便利。相应的,从建筑物构成来看,升压站区域建筑包括电气楼、生活楼、办公楼、辅助用房等,从而保障相关工作人员能够正常地工作和生活。表 1 所示为升压站内主要建筑功能组成分类。

表1 升压站内主要建筑功能组成分类

功能组成	房间名称
控制功能	35 kV 配电室、蓄电池室、继电器室、控制室、仪器仪表室
办公功能	门厅、休息室、会议室、办公室、资料室、卫生间等
餐饮功能	厨房、餐厅等
居住功能	宿舍、卫生间等
储藏功能	储藏间等
娱乐功能	活动室、晒衣房等
辅助功能	水泵房、车库、备品备件库、工具间、油品库等

2.2 建筑规模

风电场升压站的投资和管理的主体为项目建设方，不同的建设方对升压站建筑规模如建筑面积、占地面积、层数、高度等要求不同。影响升压站建筑规模的因素主要有：（1）业主的单位性质，（2）投资总额或风电场单位千瓦投资指标限制，（3）允许享受办公生活福利指标，（4）环境的差别和对环境条件认识不同等。如表2所示，为设计中遇到不同业主对50MW风电场升压站建筑规模的整理情况。

表2 50MW风电场升压站建筑情况表

类别	建设方			
	中南院	中广核	华润	大唐
定员	18	10	18	10
栋数	2	3	2	4
组合方式	1. 办公-控制-附属； 2. 生活；3. 附属-生产	1. 办公-控制； 2. 生活； 3. 附属	1. 办公-控制-生活； 2. 附属	1. 办公-控制； 2. 生活； 3. 附属；4. 水泵
层数	办公控制2层，生活2层	办公控制1层，生活1层，附属1层	办公控制生活2层，附属1层	
宿舍	14	7	18	14

表3 50MW风电场升压站建筑组合方式

组合方式一				
功能	占地面积	建筑面积	体积	层数
控制+办公+办交通=	421	842	3283.8	2
宿舍+生辅+生交通=	365	730	2847	2
附属=	200	200	780	1
组合方式二				
功能	占地面积	建筑面积	体积	层数
控制+办公+办交通=	421	842	3283.6	2
宿舍+生交通=	242	546	2129.4	2
生辅+附属=	446	446	1739.4	1
组合方式三				
功能	占地面积	建筑面积	体积	层数
控制+办公+办交通+宿舍+生交通+生辅=		1572	6130.8	2
附属=	200	200	780	1
组合方式四				
功能	占地面积	建筑面积	体积	层数
控制+办公+办交通+宿舍+生交通+生辅+附属=		1772	6910.8	2

3 山地建筑

3.1 山地建筑的形态特征

山地建筑存在于山地环境之中，与平地建筑的最大不同在于场地起伏大。因此，山地建筑的形态特征，取决于山地建筑所赖以生存的山地环境。山地的坡度、山位、山势、自然肌理等是构成山地形态的主要因素。如表4所示，为不同坡度建筑布置及设计的基本特征。

表4 不同坡度建筑布置及设计的基本特征

类型	坡度	建筑区布置及设计基本特征
平山地	3%以下	基本上是平地，道路及房屋可自由布置，但须注意排水
缓山地	3—10%	建筑区内车道可以纵横自由布置，不需要梯级，建筑群布置不受地形的约束
中山地	10—25%	建筑区内须设梯级，车道不宜垂直等高线布置，建筑群布置受一定的限制
陡山地	25—50%	建筑区内车道须与等高线成较小锐角布置，建筑群布置及设计受到较大的限制
急山地	50—100%	车道须曲折盘旋而上，梯道须与等高线成斜角布置，建筑设计需作特殊处理
悬崖地	100%以上	车道及梯道布置极困难，修建房屋工程费用大，一般不适于做建筑用地

3.2 山地建筑空间布局

山地建筑总平面布局一般遵循依山就势的原则，也就是建筑布置顺应等高线，避免垂直于等高线。顺应等高线的好处在于可以减少土方量，节省造价。平面布局一般采取化整为零的方法，把平面按功能分成几块，不同体块布置在不同标高处，再以连廊相连，体块之间及体块内部常有高差。在对山地建筑进行设计时，应尽量考虑到减少建筑接地，减少对地貌的损害，力求上部发展，开拓上部空间。山地建筑要尽量保持地表的原有地形和植被，可有效地保护地貌。如表5所示，是山地建筑空间布置的几种类型。

4 山地升压站建筑

4.1 升压站特点

升压站是风电场工程设计的重要组成部分，升压站站内建筑设计与风电场的运行、安全、稳定以及建设经济性都息息相关。山地风电场升压站结合风电场内集电线路及送出线路长度，充分考虑进出线方便和线路长度最短的前提下，基本上是布置在风电场的中心地带，而山地风电场不同于平原风电场，升压站大多位于地形复杂的山上，如表6所示，是山地升压站的特点。

表 5 山地建筑的空间布置

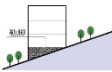
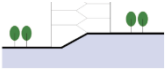
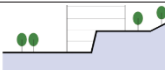
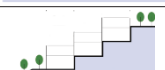
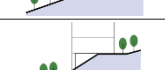
山地建筑接地形态分类		适用范围及特点	存在问题或注意事项	建筑空间表现形式
地下式	不开挖	可以很好的保持基地原有的风貌；对建筑节能十分有利	工程量庞大，通风采光要求高的建筑不适宜采用	
	开挖回填			
地表式	提高勒脚	山地坡度较小且局部地区高差变化多的场地采用	地形坡度大了不适用	
	错层	底面标高差通常在一层之内，适应山地坡度为 10%~30%	同一楼层作不同标高处理，交通联系复杂	
	掉层	地形高差悬殊时采用，适应的地形坡度为 30%~60%；	横向掉层的建筑，其掉层部分只有一面可以开窗，采光和通风会受影响	
	跌落	单元式建筑常采用，顺坡势成阶梯状布置	非单元式建筑较少采用	
	错叠	每个单元沿山坡重叠建造，下层单元的屋顶为上层单元的平台	上层对下层会产生视线干扰，有损于下层住户的私密性	
	筑台	利用护坡或者挡土墙将场地内的土方稳固，并形成台地错落的形式	避免高切坡和高筑台，注意挖方与填方的土石方量能否达到平衡	
架空式	架空	建筑底层架于支柱之上，底面并未与山体接触，底面与山体之间形成一定的灰空间	建筑用支柱支撑，对结构要求高且工程造价也高	
	吊脚	建筑的一部分直接坐落在山体地表，另一部分底部用柱支撑		
悬挑式	悬挑辅助空间	建筑的一面或多面采用悬臂结构来挑出小型辅助空间	结构难度大、要求高，造价也高	
	悬挑建筑主体	采用新技术将建筑主体结构挑出		

表 6 山地升压站特点

特点	基本情况描述
处地偏	一般距离乡镇或集市的公路交通距离都在 10 km 以上，个别甚至达 50 km 以上。与站外人员的交际、食品和物品的采购不是很方便。
风力大	风机发电的切入风速一般为 3.0 m / s，额定风速为 11~13 m / s，湖北地区山地风电场的年等效满负荷利用小时一般为 1800 ~ 2200 h，因此，相对山脚下的村庄和城镇，大风的时间是比较多的
雨雾多、湿度大	风电场区域冬春季节雨雾多、湿度大。年平均降雨量一般在 940mm~1040mm 左右，年平均雾天数约为 23 d，年平均相对湿度约为 75%。
昼夜温差大	大部分风电场范围，夏天酷热，湖北地区最高温度可达 35℃ 左右；冬天寒冷，最低温度可达 -15℃ 以下。白天和晚上的最大温差在 10℃ 左右。

4.2 注意因素

由于场地形态的限制，在设计时应该因地制宜结合山地的特性，可以利用山地地形创造独特的建筑空间以及宜人的景观。

(1) 建筑与山地相互融合

山地的地形坡度变化复杂，建筑的空间布局需对原始地形有充分的理解，整体把握建筑与山地坡度、朝向、建筑出入口位置、山地走势等，采取保留、利用、改造，舍弃等适当的处理手法，建筑要依山就势布置，使建筑有序、多变地

同山体融合为一个整体，让建筑与周边环境和谐共生。

(2) 雨水的收集，山体的排洪

在山地升压站规划的最早期，就必须及时关注雨水的收集、山体的排洪。将一些没有排洪沟，雨水收集管道的地方与周围环境结合。

(3) 通风防潮

解决通风防潮一般采用把山体和建筑的外墙脱开，不是做在一起。脱开之后，后面做挡墙或放坡，确保外墙和后面的放坡和挡墙之间是空的，两个端头就可以开通风的洞口，让空气能够流动，这样背后潮湿的问题就可以得到很大的缓解。针对地面的防潮，可以使用地面防水材料。

(4) 道路交通组织

由于山地地形复杂，高低落差大，在规划道路时要顺应山地原有地形地势起伏变化，依山势布置相应的道路系统，道路在满足消防通道的宽度、坡度及转弯半径等要求下不宜太宽，同时还要保证车流的顺畅。

5 山地升压站建筑设计策略

山地风电场升压站建筑应通过技术经济比较，按照占地

少、投资省、建设周期快、运行费用低和有利于生产、方便生活的原则进行设计。升压站总平面布置应紧凑合理,并按最终规划规模进行设计、可根据项目实际情况选择分期建设。

5.1 建筑布局

升压站布置需根据工艺要求和使用统一规划,使功能清晰。总平面布置可分为集中式和分散式,升压站主要建、构筑物的长轴宜平行自然等高线布置,当地形高差较大时,可采用台阶式错层布置。以生产综合楼为例,主要涵盖控制室以及相关的设备间,其中办公部分主要有会议室以及办公室等,生活部分主要有员工宿舍、餐厅、活动室等,所以在设计布置时要对总体的使用项目进行有效的综合,对不同功能的区域要进行划分,同时保障各个区域的房间相互独立,利用有效的交通系统来进行组织和交流,防止区域之间形成干扰。消防布置要合理,要考虑到使用人员的便捷性,对于有气味的区域要安排到综合楼的同一侧。

升压站建筑功能分区的布局形式为:(1)将交通楼梯布置在楼长的接近中间部位,在廊道上加装门,将宿舍区与其他区域隔开,如图1所示;(2)食物的储藏室与厨房靠近,资料室、阅览室与办公室靠近,如图2所示;(3)厨房和餐厅布置在一楼,如图3所示;(4)厨房和餐厅上布置为活动或运动相对少的资料室、阅览室或会议室,不布置宿舍和活动室,如图4所示。

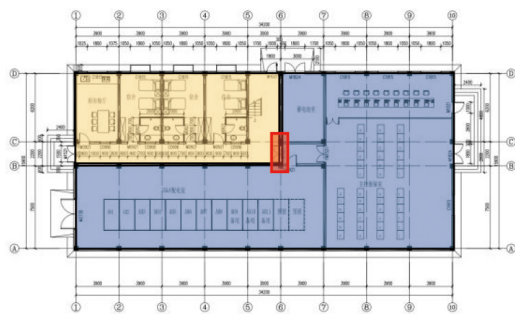


图1 方案一



图2 方案二

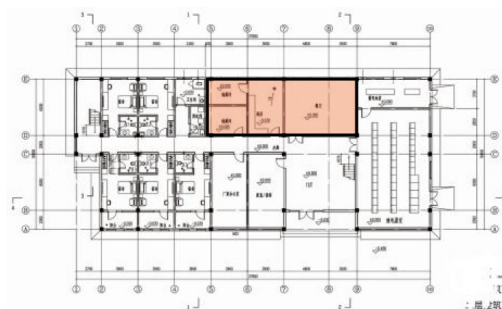


图3 方案三

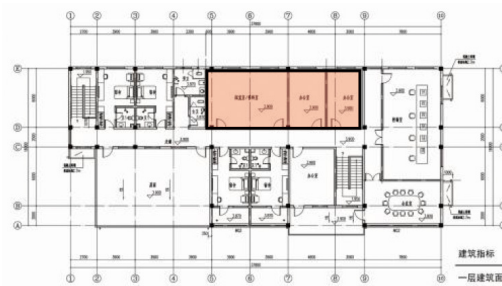


图4 方案四

5.2 建筑平面细节

5.2.1 梯间与门厅的相对位置

部分山区风电场升压站为了显示门厅的整洁,方便张贴或悬挂荣誉证书或宣传板报,将楼梯间布置在相对隐蔽的地方,或是将楼梯间与门厅完全用墙隔开,个别风电场综合楼,甚至在楼梯间与内廊道之间设置一堵墙,这样不利于上班管理和外人到访。

山区升压站建筑楼梯间与门厅布局形式为:(1)将楼梯间与门厅同侧并排布置,中间不设隔墙,如图5、图6所示;(2)梯间与门厅不连在一起时,它与廊道之间不设隔墙,如图7、8所示。

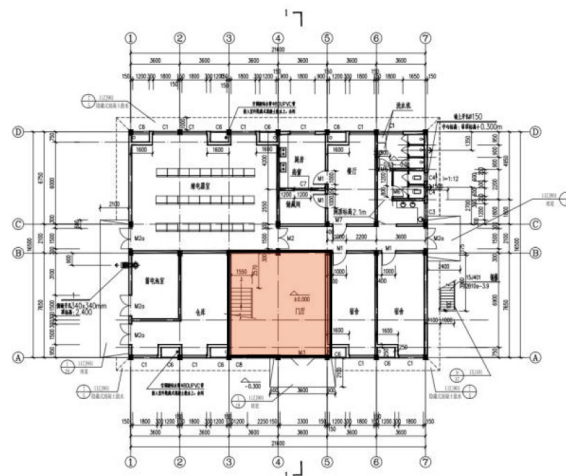


图5 楼梯间与门厅布局方案一

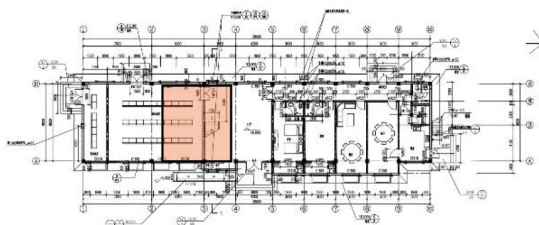


图 6 楼梯间与门厅布局方案二

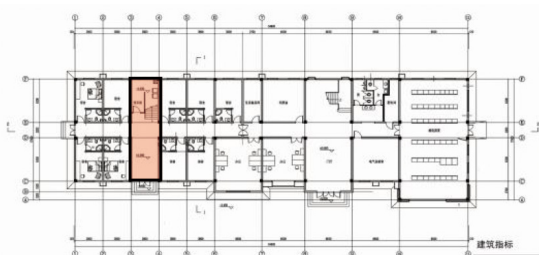


图 7 楼梯间与门厅布局方案三

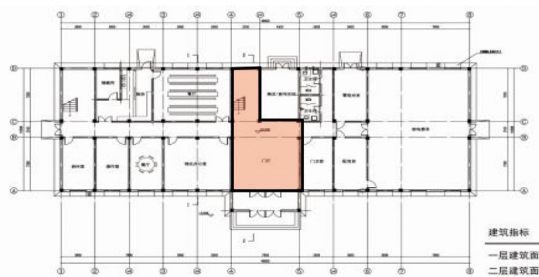


图 8 楼梯间与门厅布局方案四

5.2.2 洗涤物品晾晒

山区风电场升压站值守人员基本固定或相对长时间在升压站居住，避免不了私人衣物或床上用品的晾晒。多数综合楼屋顶是不允许上人的，有些还没有阳台，就只能在宿舍的卫生间晾晒，造成晾晒物品难见阳光；或在宿舍床边晾晒，当晾晒物品含水多的时候，难免造成地面湿滑。对于尺寸小且重量轻的物品，可以在窗口上伸出杆件进行晾晒，但不雅观；而尺寸大且重量大的物品，就不能在窗口晾晒了。在宿舍里晾晒物品，有他人到访时，不雅观。在升压站内公共场所晾晒，则有碍观瞻；且露天晾晒物品，下雨的时候，难保证每个人都能及时去收回各自的物品；而有些私人的物品，别人也不方便帮助收回暂时保管。

针对山区升压站晾晒难的情况，解决方式为：（1）宿舍布置阳台，供晾晒个人换洗衣物，如图 9 所示；（2）设置公共洗衣间，配备公用洗衣机，针对山上湿度大，可配备公用烘干机，放置在公共洗衣间，如图 10 所示；（3）屋顶布置为可上人的型式，供晾晒大尺寸的床上用品，如图 11 所示。

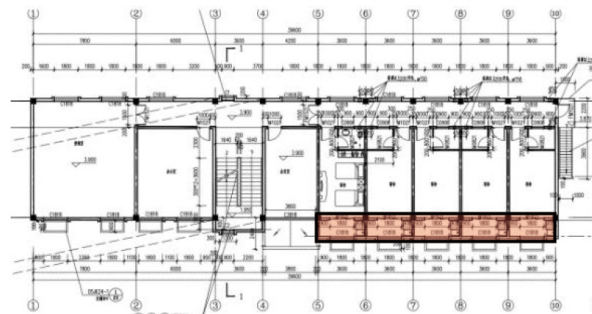


图 9 方案一

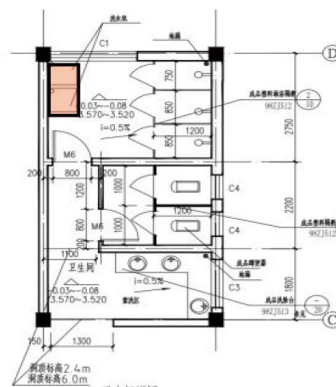


图 10 方案二

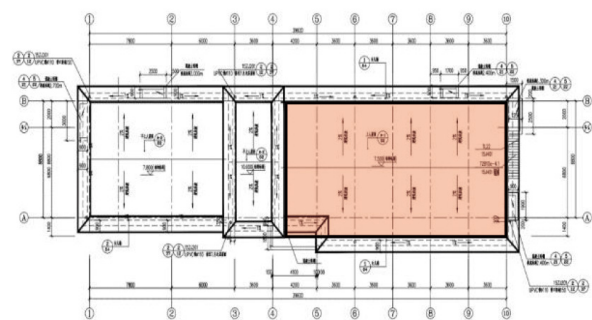


图 10 方案二

5.3 建筑剖面设计策略

对于地形特别复杂、崎岖、起伏很大的山区升压站工程，能够找到完整的平地布置升压站困难较大，当站址南北高差超过 6m 时，如果要进行升压站场地平整，挖方和填方土石方工程量将相当大，同时将破坏当地的自然植被，这时可依山就势，充分合理利用自然地形进行阶梯式布局。比如配电区布置在站区地形较低处，生活区布置在站区地形较高处，同时生活区的综合楼本体结构也局部采取阶梯式建筑设计方案（如图 12、图 13 所示）。这样综合楼建筑的布置与自然地形条件进行了很好的结合，减少了土石方工程量，同时建成后的综合楼与山地地形及环境协调融合、视野开阔、采光充足，最大程度地满足了工作人员的工作、生活和活动的需求。

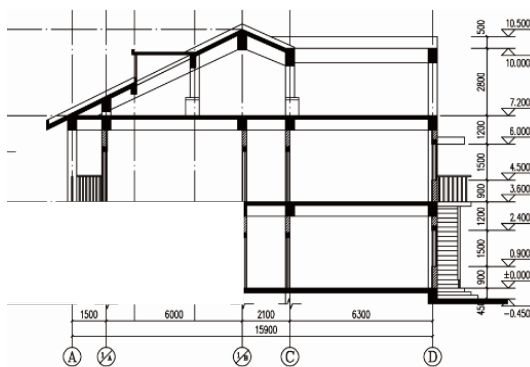


图 12 山地升压站建筑剖面图



图 13 山地升压站建筑

5.4 建筑立面设计策略

风力发电场通常是由几十台或更多台高耸的白色风机有序的布置在开阔的旷野或草原上,在蓝天、白云和绿草的映衬下,风电场就是一道独特的景观,处在这样一个大环境中的风电场升压站建筑,更是这个美丽图画中的点睛之笔。

造型设计时应该迎合建筑功能的需要,处理建筑的体量变化,通过高低错落、横竖变化、虚实对比等建筑设计手法,可以使建筑造型丰富起来,避免传统工业建筑的呆板、单调。细部设计在建筑造型设计中也可以起到很重要的作用,可以通过强化建筑入口、细化窗口、装饰线脚等做精细化设计,再通过不同建筑装饰材料的使用及建筑色彩的变化,使建筑物具有简单的奢华,又不失工业建筑的特性,使升压站建筑成为风场中的一个精致的小品。设计时还应该同时考虑到当地的文化背景及建筑风格等,使建筑设计达到与周围自然环境和人文环境的完美融合统一。

比如在建筑外立面上合适位置添加企业的标语,外墙女儿墙部分利用相关原材料进行颜色的变化,让整个建筑在外观简单的同时体现出企业的特性,在建筑主立面主入口放置企业的标志等。如图 14、图 15、图 16、图 17 所示是几个实际项目中对建筑的处理方式。



图 14 中国湖北黄梅招云寨风电场升压站综合楼



图 15 中国韶关乐昌梅花风电场升压站



图 16 中国湖北长阳云台荒风电场升压站综合楼



图 17 中国内蒙古风电场升压站综合楼

5.5 建筑节能设计策略

在山区风电场设计中按照有利于生产、方便生活的原则,升压站需要采用建筑节能设计降低能耗。通过提高建筑围护结构的保温隔热性能,采用由高效保温材料制成的复合墙体和屋面、密封保温隔热性能好的门窗,采用有效的遮阳措施等实现建筑节能。如表 7 所示,为山地升压站建筑设计中可以采取的节能措施。

表 7 设计中采取的节能措施

位置	措施	备注
墙体节能	250mm-300mm 墙厚	加气混凝土砌块、外保温
门窗节能	双层窗	隔热性和气密性要达到当地建筑节能的基本要求
屋顶	坡屋顶、设置保温隔热层、设置防水层等	太阳能屋顶
材料	蕴能低、高性能、高耐久性和本地建材,可循环、可回用和可再生的建材	减少建材在全寿命周期中的能源消耗

6 结语

在山地风电场升压站设计时,升压站总平面布置应紧凑合理,并按最终规划规模进行设计、可根据项目实际情况选择分期建设。在布局上要对不同功能的区域进行划分,利用有效的交通系统来进行组织和交流,防止区域之间形成干扰;对细部进行设计时要出人的使用角度出发,合理的布置房间功能;对剖面设计时,因地制宜,对高差较大的山地可利用自然地形进行阶梯式布局;对立面设计时,根据建筑功能和象征意义同周边环境联系起来进行考虑和构思;在节能方面,要从墙体、门窗、屋顶、材料等各个方面考虑。

总之,对山区风电升压站的设计中,要尽量让值守人员感觉到使用上简单、便捷、美观和舒适,以保证员工有良好的精神状态投入工作,提高工作效率或创造更大效益。

参考文献

- [1] 张景亮. 风电场升压站建筑设计的基本要点及理论基础 [J]. 广东: 水利水电, 2017:118.
- [2] 麦顺霞. 山地建筑设计要素及方法的分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017:289.
- [3] 朱健, 刁树广. 山地风电场综合楼设计容易忽视的几个问题 [J]. 红水河, 2016, 35(3): 81-83.
- [4] 刘冬秀. 研究山地建筑设计方法与创作——以贵州山地建筑为例 [J]. 城市建筑, 2016:25.
- [5] 孙林玲. 山地建筑的空间形态及设计探析 [J]. 建筑与装饰, 2015:16-17.
- [6] 孙莉. 中小型多功能综合楼建筑设计 [J]. 建筑设计, 2015, 5(2).
- [7] 吴艺文, 卢乃恺, 王炽欣. 浅谈徐闻洋前风电场升压站的建筑设计 [J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(4): 64-67.