

大型燃气-蒸汽联合循环单轴机组主厂房布置设计

张赢[✉], 林燕, 梁展鹏, 王真

(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] 随着天然气综合利用的大力推进、清洁能源发电的倡导鼓励, 建设大型燃气-蒸汽联合循环机组是有助于实现这一目标的重要形式之一。[方法] 通过实例研究、对比分析、归纳总结的方法对大型燃气-蒸汽联合循环单轴机组的主厂房布置设计方案进行研究。[结果] 阐述大型燃气-蒸汽联合循环单轴机组主厂房布置设计原则, 提出联合厂房和独立厂房两种布置方案, 总结出两种布置方案的技术特点和经济性。[结论] 联合厂房和独立厂房两种主厂房布置方案均成熟可靠并各有特点, 联合厂房布置因具有节省占地、节约投资、外形美观等优点, 值得采用和推广; 同时为今后大型燃气-蒸汽联合循环机组主厂房的布置设计提供借鉴。

关键词: 联合循环; 单轴; 主厂房布置; 联合; 独立; 对称

中图分类号: TM611; TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)S2-0082-07

开放科学(资源服务)二维码:



Main Power House Arrangement Design of Single-shaft Combined-cycle Power Plant

ZHANG Ying[✉], LIN Yan, LIANG Zhanpeng, WANG Zhen

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

Abstract: [Introduction] With the promotion of comprehensive utilization of natural gas and the encouragement of clean energy power generation, the construction of large combined-cycle power plant is one of the important forms to achieve this goal. [Method] In this paper, through case study, comparative analysis and summary, the main power house arrangement design of the large single-shaft combined-cycle power plant was studied. [Result] The paper states the main power house design principle of the large single-shaft combined-cycle power plant, puts forward two arrangement schemes that of the combined power house and the independent power house, and summarizes the technical characteristics and economic efficiency of the two arrangement schemes. [Conclusion] The combined power house arrangement scheme and the independent power house arrangement scheme are both mature, reliable and each has its own characteristics. Because of the advantages of saving land, saving investment and beautiful appearance, the combined power house arrangement is worth to be adopted and popularized. And also it provides reference for the main power house layout design of the large combined-cycle power plants in the future.

Key words: combined-cycle; single-shaft; main power house arrangement; combined; independent; symmetrical

燃气-蒸汽联合循环机组作为清洁能源发电的代表, 在国内得到了广泛的应用。同时, 大型燃气-蒸汽联合循环机组因其发电容量大、效率高、调峰性能好等优点^[1-6], 越来越多的被选用, 其中单轴机组具有节省占地、节约投资、缩短安装工期等优势, 被认为是一种先进的布轴方案^[7]。主厂房是发电厂最核心的建筑物之一, 机组主要设备和主

要的热力系统工艺管线、电缆等均集中布置其中。主厂房及其工艺设备的布置合理性, 影响着建筑物容积、工艺管线电缆敷设长度、施工组织顺序、电厂建设周期长短以及电厂设备的运行安全和便利性^[8-9]。

国内已投运的单轴联合循环电厂的主厂房都是采用独立厂房, 即一套机组一个厂房; 多套机组采用顺列布置; 独立厂房采用双跨双排柱格局。该岛式布置方式存在平台高低不一、通道零散、检修不

便、占地较大等问题。本文以广东某大型燃气-蒸汽联合循环单轴机组工程为例,对主厂房布置进行了研究对比,提出了优化的布置方案。

1 主厂房布置设计原则与设计条件

1.1 主厂房布置范围

主厂房布置范围主要包括:

- 1) 汽机房:燃气轮机和蒸汽轮发电机组、热力系统设备、行车等。
- 2) 毗屋:配电间、电子设备间、空调机房等。
- 3) 锅炉区域:锅炉、锅炉辅助间等。

1.2 主厂房布置原则

根据《燃气-蒸汽联合循环电厂设计规定》^[10]、《建筑设计防火规范》^[11]等设计规程规范和实际工程设计经验,主厂房布置的主要设计原则如下:

- 1) 主厂房的布置应适应电力生产的工艺流程要求及设备形式。
- 2) 主厂房内部设施布局紧凑、恰当,设备布局 and 空间利用合理。
- 3) 主厂房的布置应有足够的消防通道,并满足防火安全距离的要求。
- 4) 主厂房的布置应满足机组大修时的大件摆放及检修条件。
- 5) 主厂房应设有合理的主通道,方便运行巡视和检修工作。
- 6) 主厂房体积较小,以降低建筑、结构投资。
- 7) 敷设管道及电缆较短,以降低其耗材造价。
- 8) 每套机组燃机和汽轮机的安装能同时进行,以减少安装周期。
- 9) 两台机组连续施工时,主厂房布置应具有平行连续施工的条件。

1.3 主厂房布置设计条件

1.3.1 主机设计条件

根据项目主机技术协议和设备信息,主厂房布置的主要输入条件详见表1。

1.3.2 其他相关设计条件

项目与主厂房相关的其他设计条件如下:

- 1) 主厂房(汽机房、毗屋)采用主现浇钢筋混凝土框架结构。汽机房屋面采用钢桁架结构,屋面板为压型钢板上覆轻质混凝土板。主厂房框架采用天然地基。

表1 主要设计参数

Tab. 1 Main design parameter

输入名称/单位	数据
轴系总长(排气扩散段进口至凝汽器端面)/m	52.715
发电机起重量/t	357
发电机最大起吊高度(距离零米)/m	13.2
燃机本体重量/t	316.2
燃机转子重量/t	130
燃机翻转子高度(距离零米)/m	14
高压模块起吊重量/t	54
中低压转子起吊重量/t	65.5
汽机最大起吊高度(距离零米)/m	16
燃机罩壳顶部标高/m	13
烟囱高度(距离零米)/m	60

2) 余热锅炉构架采用钢结构,由锅炉厂负责设计和供货。锅炉基础、锅炉辅助间基础采用天然地基。

3) 汽机房1 m以下采用200 mm厚加气混凝土砌块墙体,1 m以上采用压型钢板外墙;毗屋外墙采用200 mm厚加气混凝土砌块墙体,地面以下用蒸压灰砂砖,内隔墙采用200 mm厚加气混凝土砌块。

4) 每套机组均以发电机-变压器单元接线形式接入220 kV系统,发电机与主变之间装设断路器及隔离开关。每套机组设1台高压厂用变压器,T接于燃机发电机出口断路器与主变低压侧之间。

5) 变压器区域位于主厂房A排外,配电装置区采用220 kV屋内GIS,主变压器和高压备用变压器至GIS采用GIL母管架空进线方式。

6) 采用带逆流式机力通风冷却塔的循环供水系统,补给水源为污水处理厂净化后的城市中水。

7) 主厂房采用自然进风,机械排风的通风方式,室外空气由门窗、百叶窗进入主厂房,进风消除余热、余湿后,经主厂房屋面设置的屋顶风机排出室外。

8) 集控室布置于主厂房外的水区综合楼内。

2 主厂房布置方案

2.1 模块化设计思路

2.1.1 整体布置

为便于主厂房方案比选,采用模块化设计思

路,将主厂房布置范围分为:

机岛模块:含主设备模块(机组轴系跨)和油系统模块(油系统跨)。

汽水管道模块:含热管系统模块(四大管跨)和冷管系统模块(冷却水跨)。

炉岛模块:含余热锅炉和锅炉辅助间。

毗屋模块:含电子设备间、配电间、柴油机房等。

主设备采用低位布置,汽机房共设2个层次:0 m层及运转层5.5 m层。

2.1.2 机岛模块

机岛模块主要包括主设备模块和油系统模块。

主设备跨在5.5 m层,从炉岛往汽轮机侧看,依次布置有燃机-发电机-3S离合器-汽轮机-凝汽器,燃机尾部接排气扩散度通往炉岛;0 m布置一些辅助设备,如扩散段底部布置有压气机水洗模块、燃机底部布置有燃气干燥模块、发电机底部布置有定子冷却水模块等。

油系统跨的5.5 m层为运转检修平台;0 m布置有氢气干燥模块、CO₂汇流排、氢气汇流排、氢气控制器、汽机控制油模块、燃机冲洗水收集箱、密封油模块、燃机疏水模块、润滑油模块等设备及管道。

2.1.3 汽水管道模块

汽水管道模块包含四大管道等热管道系统和冷却水管等冷管道系统的设备及管道,并分别布置在四大管跨和冷却水跨。

四大管跨紧邻主设备跨,5.5 m层为运转检修平台、发电机旁布置有励磁装置间;0 m层主要布置四大管道、辅助蒸汽等热管,四大管道从汽轮机本体接口接出、通过厂房外的连接平台接往炉岛。此外,靠凝汽器侧布置有凝结水泵、除铁过滤器和轴封加热器。

冷却水跨紧邻四大管跨,5.5 m层为运转检修平台,离相封母从发电机接出后、从凝汽器侧穿出主厂房(中心标高约9.5 m),因平台在进气系统处被分割为两个部分、因此在进气系统两侧及底部设置连廊联通平台;0 m层主要布置有真空泵、水水换热器、闭式冷却水泵及其相关系统管道。

此外,循环水管布置在四大管\冷却水跨靠凝汽器侧,从凝汽器本体接口接出、于空中穿出主厂

房后接厂区地下循环水埋管。

2.1.4 炉岛模块

炉岛模块包括余热锅炉和锅炉辅助间。

余热锅炉为立式锅炉,半露天布置。余热锅炉中部设有一座顶部为60 m高的钢烟囱,出口内径为6.25 m。辅助间共设置两层,0 m层布置高压给水泵、中压给水泵、省煤器再循环泵和化学加药间,二楼布置化学取样间、配电间、变频室和CEMS室等。

2.1.5 毗屋模块

毗屋模块主要布置电气、控制、消防、暖通等辅助设施。对于不同的汽机房布置方案和系统配置,毗屋的布置也会相应有所区别。

项目毗屋内主要布置以下设施:

1) 电气设施:6 kV 配电间、380 V 配电间、机岛配电间、继电器室、蓄电池室、UPS及直流室、电缆夹层、现场电气工程师室等。

2) 控制设施:电子设备间、SIS室、现场热控工程师室等。

3) 消防、暖通设施:消防气瓶间、空调机房等。

4) 其他功能房间:包括卫生间、工具间、备用间等。

2.2 联合厂房布置方案

2.2.1 整体布置

联合厂房的整体布置见图1。两套机组的设备及管道原则上相对于检修跨对称布置。整个结构设计为一个整体、不分隔,中间设有后浇带、不设置伸缩缝。

2.2.2 汽机房布置

汽机房的布置特点如下:

1) 采用联合厂房,两套机组以检修跨为中心,对称布置。

2) 汽机房共有10个柱位,总长度为80 m(3~12轴),宽度为60.5 m(A~J排)。

3) 检修跨在两套机组的中心,为两套机组共用,为利于两台机组同时检修,该跨取12 m。

4) 从检修跨往外,依次为油系统跨、主设备(机组轴系)跨、四大管跨、冷却水跨。

5) 经充分优化,0 m层设有大环形通道。在凝汽器与A排柱之间设有3 m宽的通道;在冷却水跨

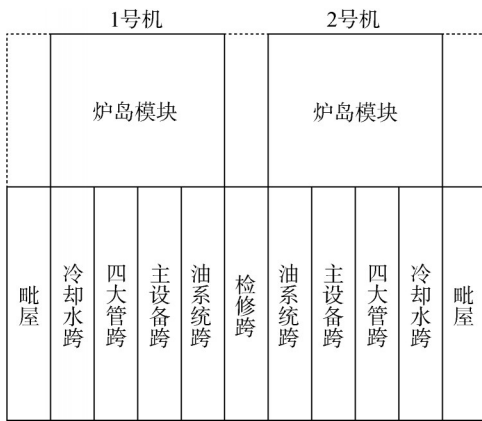


图1 联合厂房整体布置示意

Fig. 1 Combined power house general arrangement sketch map

与四大管跨之间, 设有2 m宽的通道; 在H-J排柱间、燃机排气扩散段底部设有2 m宽的通道; 其中A排、J排柱的通道均横跨检修区域, 联通两台机组, 形成整个厂房的大环形通道。

6) 在运转层(5.5 m), 主设备两端都设有检修平台, 同时在进气系统顶部设有两侧的连接平台。

7) 燃机与汽机侧分别设置检修行车, 行车沿与轴系垂直方向行走。燃机与发电机侧设置一台390/150 t大行车, 汽机和凝汽器侧设一台70/20 t行车。

8) 燃机本体为顺列布置, 汽轮机、发电机和凝汽器原则上为对称布置, 非对称布置的设备通过管道在设备接口处的局部绕管布置、形成整体的对称布置。

9) 根据燃机侧和汽机侧设备起吊重量和高度需求, 结合行车厂技术资料, 主厂房内燃机侧轨顶设计标高为17.6 m, 汽机侧轨顶设计标高为17.9 m, 屋架下沿设计标高为22.7 m。

2.2.3 炉岛布置

炉岛布置相对于检修跨镜像布置, 其中辅助间以检修跨为中心对称布置在机组外侧。余热锅炉和锅炉辅助间的内部布置和两者相对距离在本文两个方案中基本一致, 其技术和经济性基本相同, 故不进行详细介绍, 也不纳入到后续的对比之中。

2.2.4 毗屋布置

两台机的毗屋分别布置于联合汽机房两侧。1号机组毗屋由于需要布置两台机组的公用设备, 为

两跨, 共计20.5 m; 2号机组毗屋为一跨, 11.5 m, 毗屋纵向长度与主厂房宽度保持一致, 同为60.5 m。

1号机毗屋为三层, 首层主要布置门厅、1号机380 V配电间、1号机保安段配电室、公用380 V配电间、蓄电池室、柴油机房、消防气瓶间、空调机房、工具间、卫生间; 4.2 m层为电缆夹层; 7.2 m层主要布置1号机6 kV配电间、1号机电子设备间(含公用设备); 1号机继电器室、1号机UPS及直流室、1号机机岛配电间、空调机房、SIS室、现场电气和热控工程师室。

2号机毗屋为三层(局部四层), 首层主要布置2号机380 V配电间、2号机保安段配电室、蓄电池室、消防气瓶间、空调机房等; 4.2 m层为电缆夹层; 7.2 m层主要布置2号机6 kV配电间、2号机电子设备间; 2号机继电器室、2号机UPS及直流室、2号机机岛配电间等; 11.9 m层主要布置空调机房。

2.3 独立厂房布置方案

2.3.1 整体布置

常规的独立厂房整体布置见图2。两套机组机岛和炉岛总体布置格局完全相同、顺列布置。每套机组都设有各自的检修跨。由于两台机主厂房结构上是独立的, 故厂房相邻轴线间设有轴距为1.5 m的结构分隔。

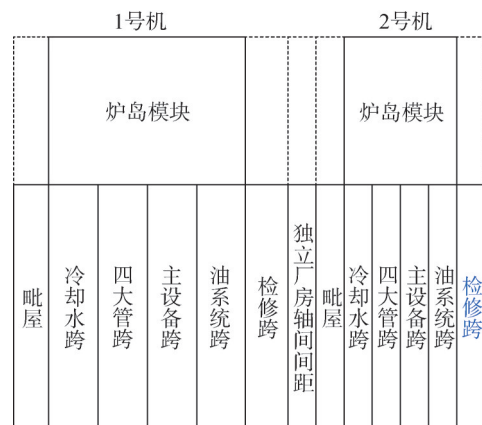


图2 独立厂房整体布置示意

Fig. 2 Independent power house general arrangement sketch map

2.3.2 汽机房布置

汽机房的布置特点如下:

- 1) 两套机组厂房的总体布置格局完全相同。
- 2) 每套机组设独立汽机房, 平行布置。

3) 单个主厂房有6个柱位,共12个;单个主厂房长度为43 m (3~8轴、10~15轴),总长度为86 m,宽度为60.5 m (A~J排)。

4) 单个厂房从左至右(从凝汽器往燃机方向看)依次布置为冷却水跨、四大管跨、主设备跨、油系统跨和检修跨,检修跨取9 m。

5) 0 m层设有环形通道。在凝汽器与A排柱之间设有3 m宽的通道;在冷却水区与四大管道区之间,设有2 m宽的通道;在H~J排柱间、燃机排气扩散段底部设有2 m宽的通道;以上三个通道与检修跨一起形成零米层的环形通道。

6) 在运转层(5.5 m),主设备两端都设有检修平台,同时在进气系统顶部设有两侧的连接平台。

7) 每套机组设置一台供机组安装与检修用的390/150 t的行车。该行车双主钩设置;390 t吊钩为发电机专用,吊装区域只在D~G排柱间;150 t吊钩的吊装区域在A~H排柱间。

8) 根据设备起吊重量和高度需求,结合行车厂技术资料,汽机房内行车的轨顶设计标高为19.6 m,屋架下沿设计标高为24.7 m。

2.3.3 炉岛布置

两套机组炉岛布置完全相同,其中辅助间顺列布置在靠冷却水垮侧。余热锅炉和锅炉辅助间的内部布置和两者相对距离同联合厂房布置方案相同。

2.3.4 毗屋布置

每台机的毗屋布置布置在相应机组汽机房的同一侧。1号机组毗屋由于需要布置两台机组的公用设备,为两跨,共计20.5 m;2号机组毗屋为一跨,13.5 m,毗屋纵向长度与主厂房宽度保持一致,同为60.5 m。

1号机毗屋为三层,内部布置与联合厂房方案整体相同,不再进行赘述。

由于燃机进气系统的距离要求,2号机毗屋跨度相对联合厂房方案,需加长2 m,为13.5 m,在此情况下,通过优化,2号机毗屋可同为三层,内部布置与联合厂房布置方案整体相似,不再进行赘述。

3 主厂房布置方案技术经济比较

3.1 技术比较

两个方案的主要技术比较见表2。

表2 主要技术比较

Tab. 2 Main technical comparison

项目	联合厂房布置 (方案一)	独立厂房布置 (方案二)	比较结果
整体布置可靠性	2套机组设备和管道相对于检修跨对称布置。	2套机组顺列布置,每套机组内布置完全相同。	两个方案技术均成熟可靠。
厂房占地面积和容积	纵向长112 m,宽60.5 m; 占地:6 776 m ² ; 主厂房容积:109 868 m ³ 。	纵向长122.5 m,宽60.5 m; 占地:7 411 m ² ; 主厂房容积:127 473.5 m ³ 。	方案一优。 联合厂房纵向长度和高度小,占地面积相比独立厂房减少约10%;主厂房容积减少约14%。
运行检修水平	0 m层设有2套机组的环形大通道;5.5 m层设有2套机组的联络平台;检修跨共用,跨距12 m; 共设4台行车。	0 m层设有独立厂房的环形通道;检修跨独立设置,跨距9 m; 每套机组设1台行车,共2台。	方案一优。 联合厂房通道更便捷,检修空间更大; 燃机和汽轮机侧各设有行车,有利于安装检修时燃机和汽机同时作业。
主厂房建筑外观	中间部分为汽机房,两侧为毗屋,中间高,两头低,整体性好,主厂房显得更为简洁和大气。同时两侧毗屋自然采光和通风性好。	两套机组的汽机房和毗屋顺列布置,一高一低,有规律性。但2号机组毗屋夹在两座汽机房之间,自然采光通风欠佳。	方案一优。 方案一视觉效果更佳,更利于建筑外观设计,同时具备更好的自然采光和通风性能。

表2(续) 主要技术比较
Tab. 2(Cont.) Main technical comparison

项目	联合厂房布置 (方案一)	独立厂房布置 (方案二)	比较结果
主厂房内设备管道布置	整体呈对称布置,但局部需要绕管实现对称,相对方案二增加主蒸汽管道4.7 m、其他低压管道约2 t。	两台机组设备和管道布置相同。	方案二略优。 方案一需要局部绕管,设备管道由于总体对称布置,设计、运维工作量相对更大。
主厂房内电缆布置	电缆通道沿联合主厂房内环形布置,机组电缆由两侧毗屋至厂房内各设备,敷设路径相对方案二稍长,中低压电缆总体长度增加约8 km。	电缆通道沿每套机组主厂房布置,机组电缆由相邻毗屋至厂房内各设备。	两个方案供电性能相当,但方案一电缆敷设路径稍长。

3.2 经济比较

两个方案的主要经济比较见表3。

表3 主要经济比较
Tab. 3 Main economic comparison

项目	联合厂房布置 (方案一)	独立厂房布置 (方案二)	比较结果
行车设备费用	1台390/16 t; 1台25/5 t; 2台70/25 t; 设备价格共计869万元。	2台390/16 t;设备价格共计909万元。	方案一比方案二费用降低约40万元。
主厂房内管道费用	2号机主蒸汽管道绕管4.7 m增加13万; 其他低压管道绕管增加2 t约2万元。	基准	方案一比方案二管道费用增加约15万元。
主厂房内电缆费用	毗屋位于主厂房两头,各类电缆总体长度增加约8 km约50万元。	基准	方案一比方案二电缆费用增加约50万元。
厂房土建费用	占地:6 776 m ² ;主厂房容积:109 868 m ³ 。	占地:7 411 m ² ;主厂房容积:127 473.5 m ³ 。	方案一比方案二费用降低约230万元。
小计	0(基准)	+205万元	方案一总体初投资低于方案二约205万元。

注:(1)该项目主厂房区域采用天然地基,无需考虑桩基费用的差异,对于需采用桩基方案的项目,独立厂房方案土建费用相较联合厂房方案还会有进一步增加;(2)该项目为进一步提高运行检修便利性,联合厂房方案分别在燃机侧和汽机侧各设置了1台行车,相对燃机侧和汽机侧共用1台行车的方案增加了设备费用约230万元。

4 结论

根据上述的技术经济比较,该项目主厂房布置最终选定采用联合厂房布置方案,同时,从比较中可以归纳出,对于大型燃气-蒸汽联合循环单轴机组的主厂房布置方案:

1) 联合厂房布置与独立厂房布置技术上都是可行并且可靠的,均可作为大型单轴燃机主厂房的典型布置。

2) 联合厂房由于共用检修跨,更能节省主厂房占地和容积。

3) 独立厂房由于是按机组单元顺列布置,在设计、运行上更符合通常的习惯;联合厂房由于采用了整体对称布置,在设计、订货和运行上需要额外注意,但联合厂房方案有效缩短了主厂房巡检距离。

4) 联合厂房由于汽机房位于正中,毗屋衬托于两翼,更能烘托出电厂主厂房的氛围,更利于厂内视觉效果的营造和主厂房外立面建筑方案的美化设计。

5) 联合厂房的建设投资少于独立厂房,由于

有效节省了主厂房容积,对于地质条件较差的工程,联合厂房还能减少更多的土建费用。

6) 当对节省工程投资有要求时,除了采取本文所述的联合主厂房布置以外,还可进一步根据主机设备检修需求核减检修跨的跨距和优化主厂房行车的设置,以进一步减少工程投资。

7) 本文的两种典型布置还可为大型燃气-蒸汽联合循环分轴机组的主厂房布置提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 马泉,钱小军,司凤琪,等. 燃气—蒸汽联合循环机组热负荷特性分析[J]. 热能动力工程, 2019, 34(2): 14-22.
MA Q, QIAN X J, SI F Q, et al. Analysis on thermoelectric load characteristics of gas—steam combined cycle unit [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2019, 34(2): 14-22.
- [2] 黄超群,王波,张士杰,等. F/G/H级重型燃气轮机联合循环底循环热力性能简明估算模型[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(21): 6320-6328.
HUANG C Q, WANG B, ZHANG S J, et al. Concise estimation model of thermodynamic performance for bottom cycle of F/G/H-class heavy duty gas turbine combined cycle [J]. Proceedings of the CSEE, 2019, 39(21): 6320-6328.
- [3] 杨承,刘焕新,王平,等. 燃气—蒸汽联合循环抽凝式热电联供机组调峰经济性分析[J]. 中国电机工程学报, 2020, 40(2): 592-601.
YANG C, LIU H X, WANG P, et al. Economic analysis on peak—regulation of GTCC cogeneration unit with extraction heating [J]. Proceedings of the CSEE, 2020, 40(2): 592-601.
- [4] 戈志华,马立群,何洁,等. 燃气-蒸汽联合循环热电联产机组多种运行方式负荷特性研究[J]. 中国电机工程学报, 2020, 40(8): 2587-2597.
GE Z H, MA L Q, HE J, et al. Study on load characteristics of multiple operation modes of gas-steam combined cycle cogeneration unit [J]. Proceedings of the CSEE, 2020, 40(8): 2587-2597.
- [5] 曾勇,曾颖. 燃气热电联产机组选型、调峰能力及电价机制分析[J]. 南方能源建设, 2015, 2(1): 66-70.
ZENG Y, ZENG Y. Research on unit selection, peak regulation capability and electricity pricing mechanism of gas-fired cogeneration [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(1): 66-70.
- [6] 曾勇,曾颖. 热电联产机组的电力调峰运行模式研究[J]. 南方能源建设, 2015, 2(3): 51-56.
ZENG Y, ZENG Y. Research of cogeneration units acting on electric peak-shaving operating mode [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(3): 51-56.
- [7] 焦树建. 燃气轮机与燃气-蒸汽联合循环装置[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
JIAO S J. Gas turbine and gas-steam combined cycle equipments [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [8] 马悦,李江波,董舟,等. 基于单轴M701F4联合循环的主厂房布置优化方案[J]. 河北工业科技, 2014, 31(6): 512-518.
MA Y, LI J B, DONG Z, et al. Layout design optimization of combined cycle main building based on single-shaft M701F4 [J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2014, 31(6): 512-518.
- [9] 闫红亮. F级联合循环机组主厂房布置方案研究[J]. 价值工程, 2014, 33(18): 36-37.
YAN H L. Design analysis of main building of class F combined cycle power plant [J]. Value Engineering, 2014, 33(18): 36-37.
- [10] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. 燃气—蒸汽联合循环电厂设计规定:DL/T 5174—2003[S]. 北京:中国电力出版社, 2003.
State Economic and Trade Commission of the People's Republic of China. Design rule for combined—cycle power plants: DL/T 5174—2003 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范:GB 50016—2014(2018版)[S]. 北京:中国计划出版社, 2018.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for fire protection design of buildings: GB 50016—2014(2018) [S]. Beijing: China Planning Press, 2018.

作者简介:



张赢

张赢(通信作者)

1981-, 男, 浙江上虞人, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司设计总工程师, 高级工程师, 一级建造师, 武汉大学硕士, 主要从事发电厂设计研究和设计管理工作 (e-mail) zhangying@gedi.com.cn.

林燕

1983-, 女, 福建福清人, 高级工程师, 硕士, 主要从事发电厂热机设计研究工作 (e-mail) linyan@gedi.com.cn.

梁展鹏

1983-, 广东佛山人, 高级工程师, 博士, 主要从事发电厂热机设计研究工作 (e-mail) liangzhanpeng@gedi.com.cn.

王真

1986-, 女, 河南开封人, 高级工程师, 硕士, 主要从事发电厂结构设计研究工作 (e-mail) wangzhen@gedi.com.cn.

(责任编辑 李辉)