

引用格式: 陈卫, 刘奕辉, 钟志恒. 某燃机电厂主厂房大跨度屋架的设计过程 [J]. 南方能源建设, 2024, 11(增刊 1): 89-93. CHEN Wei, LIU Yihui, ZHONG Zhiheng. Design process of the large-span roof truss of the main workshop of a gas turbine power plant [J]. Southern energy construction, 2024, 11(Suppl. 1): 89-93. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.13.

某燃机电厂主厂房大跨度屋架的设计过程

陈卫¹, 刘奕辉², 钟志恒^{1,✉}

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663;

2. 广东粤电大亚湾综合能源有限公司, 广东 惠州 516082)

摘要: [目的] 燃机电厂的主房屋架结构为大跨度空间网架结构, 其安全性要求高。设计过程中, 结构方案选型, 荷载大小等因素对屋架结构的安全性、经济性有着至关重要的影响, 研究屋架结构的选型及荷载优化对电厂建设有重要意义。[方法] 文章基于某燃机电厂项目, 对其主房屋架结构, 借助 SAP2000 结构分析设计软件, 将混凝土重型屋面及轻型钢屋面两种屋面型式进行设计对比, 在保证安全性前提下, 优化荷载, 减小用钢量。[结果] 经设计比较, 轻型屋面的单榀屋架结构高度和质量较小, 有利于整榀桁架的运输施工, 且轻型屋面屋架结构用钢量仅为重型屋面的 48.2%。[结论] 在类似风环境的地区, 采用轻型钢屋面具有施工可行性高、经济效益好的优势。

关键词: 燃机电厂; 大跨度屋架; 重型屋面; 轻型屋面; 优化分析

中图分类号: TK01; TU318

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)S1-0089-05

DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.13

OA: <https://www.energychina.press/>



论文二维码

Design Process of the Large-Span Roof Truss of the Main Workshop of A Gas Turbine Power Plant

CHEN Wei¹, LIU Yihui², ZHONG Zhiheng^{1,✉}

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

2. Guangdong YueDian General Energy Company Limited, Huizhou 516082, Guangdong, China)

Abstract: [Introduction] The roof structure of the main workshop of the gas turbine power plant is a long-span space grid structure, which has high safety requirements. In the design process, the selection of structural schemes, loads and other factors have a crucial impact on the safety and economy of the roof truss structure, so it is of great significance to study the selection and load optimization of the roof truss structure for power plant construction. [Method] In this paper, based on a gas turbine power plant project, the roof truss structure of its main workshop was designed and compared with two roofing types of heavy concrete roofing and light steel roofing with the help of SAP2000 structural analysis and design software, so as to optimize the loads and reduce the amount of steel under the premise of ensuring safety. [Result] By design comparison, the height and mass of the single truss structure of the light roofing are smaller, which is conducive to the transportation and construction of the whole truss, and the steel used in the light roofing truss structure is only 48.2% of the steel used in the heavy roofing. [Conclusion] In areas like wind environment, the use of light steel roofing has the advantages of high construction feasibility and good economic benefits.

Key words: gas turbine power plant; large-span roof truss; heavy roofing; light roofing; optimization analysis

2095-8676 © 2024 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

燃机电厂主厂房为燃机设备、汽机设备运行及检修的空间,运转层为大平台^[1],同时厂房内配有重级吊车,故而厂房内的上部空间无法立柱,屋架结构多为大跨度钢结构,常见形式有实腹钢梁、钢网架、钢屋架等。倒三角管桁架为空间网架的一种,由于其具有良好的侧向稳定性和抗扭刚度,近年来在电厂主厂房中广泛使用^[2]。杨宏亮^[3]也曾指出倒三角管桁架比实腹钢梁更适用于大跨度厂房结构,且自重相对其他结构体系更轻巧。文章谈到的燃机电厂主厂房屋架,也选用倒三角管桁架的结构形式。

对于主厂房屋面而言,一般常采用混凝土结构重型屋面或轻型钢屋面两种形式。混凝土结构重型屋面一般以压型钢板为底模,在其上现浇钢筋混凝土板,这种形式的屋面自重大^[4],有利于结构抗风,在强风荷载下不易破坏。而轻型屋面则为压型钢板复合保温卷材防水屋面,自重小,对于屋架结构的经济性优化更为有利,尤其在 EPC 工程总承包项目中,成本控制一直是非常关键的问题^[5]。

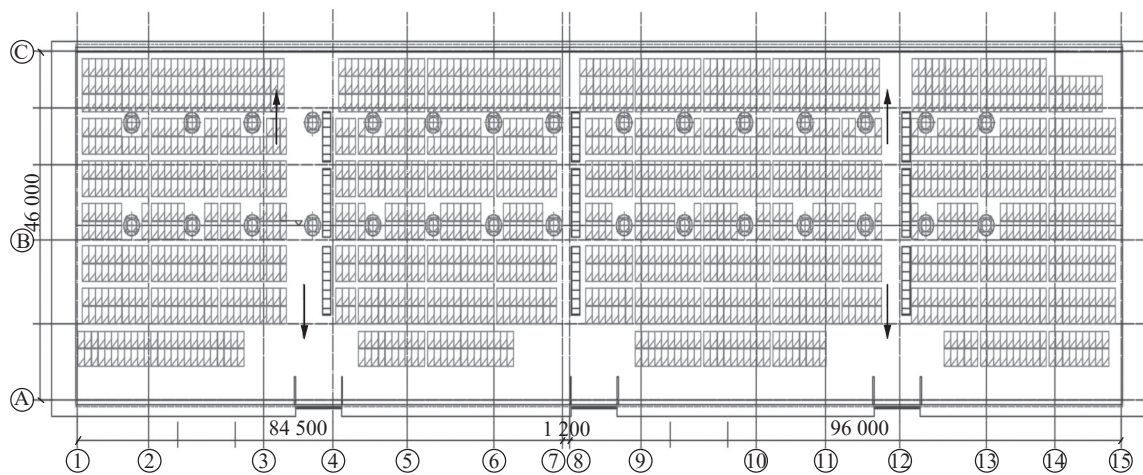
结构选型和荷载输入是影响管桁架结构设计的

重要因素^[6]。文章基于某 2×800 MW 级燃机项目,对主厂房屋架的设计过程进行阐述,同时对重型屋面和轻型屋面两种形式的屋架结构,进行建模分析,对比两者的优劣,为电厂主厂房屋架的结构设计提供参考。

1 工程概况

本工程位于广东省惠州市,以广东省某燃机电厂为例,主厂房屋架设计工作年限为 50 年。地面粗糙度为 A 类,基本风压 0.85 kPa;抗震设防烈度为 7 度,地震设计基本加速度为 0.10 g,地震分组为第一组,场地类别为 II 类,抗震设防类别为乙类。主厂房屋架安全等级为一级,结构重要性系数为 1.1。

主厂房总高度 39 m,屋架下弦杆中心标高定为 33.500 m,屋架以下设有吊车梁,主厂房运行层楼面等;设有两套机组,如图 1 所示:1 号机组纵向长度 84.5 m,2 号机组纵向长度 96 m,横向跨度为 46 m,选用倒三角管桁架的屋架型式,屋面设有光伏支架,为上人双坡屋面。由于两套机组布置、柱距一致,仅 2 号机组比 1 号机组多一跨,为方便起见,后文仅以 1 号机组为研究对象。



注:图中尺寸单位为 mm。

图 1 主厂房屋面示意图

Fig. 1 Diagram of main workshop roofing

2 屋面荷载

1) 屋面恒荷载

屋面型式为压型钢板轻型屋面,其恒载为屋面

的自重,取为 1.0 kN/m^2 。而重型屋面板厚为 100 mm,拟采用波高 51 mm 的压型钢板 YX51-305-915 为底模,恒载取为 2.25 kN/m^2 。

2) 屋面活荷载

主厂房屋面上设有光伏支架, 为上人屋面, 屋面活荷载为 2.0 kN/m^2 ^[7]; 光伏支架荷载由厂家提供, 为 0.2 kN/m^2 ; 此外, 屋面布有 30 台暖通风机, 每台重 800 kg, 以上即为所有屋面活荷载。

考虑到建筑屋面面积较大, 上人屋面的活荷载为 2.0 kN/m^2 , 而在设有光伏支架的区域不可能同时有人员活动, 因此, 为保证经济性, 在有光伏的区域仅考虑 0.5 kN/m^2 的活荷载, 加上光伏支架荷载, 即为不上人屋面的活荷载值; 无光伏区域仍按上人屋面活荷载考虑, 如图 2 所示, 阴影部分为设置光伏区域。

3 方案设计

该工程主厂房屋架初步方案为采用混凝土重型屋面, 由重型屋面恒荷载较大, 导致重型屋面的屋架结构需要取用较大的矢高, 方可设计得到合理的杆件截面。

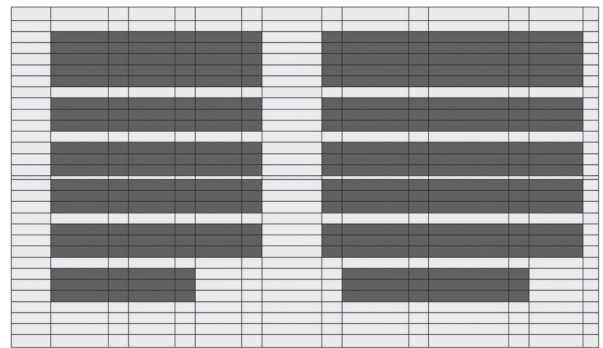
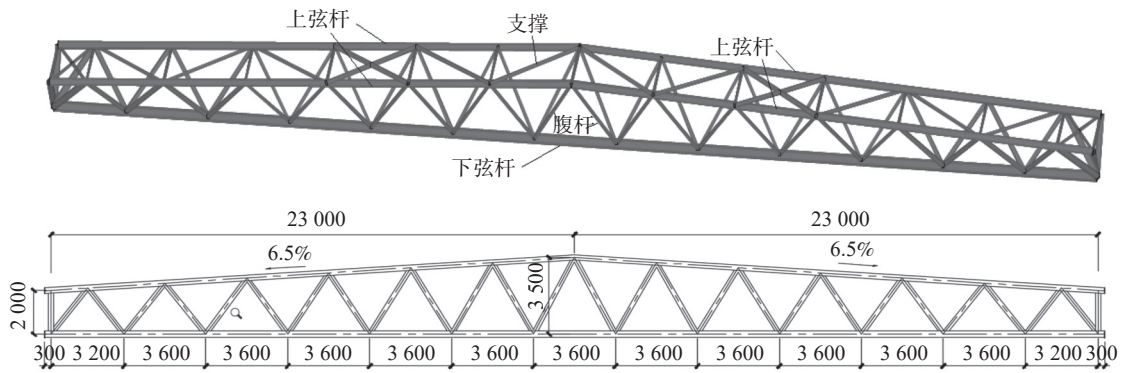


图 2 1 号机组屋面活荷载分区示意图
Fig. 2 Zoning diagram of Unit 1 roofing live load

对于此工程 46 m 跨度的厂房屋面, 若选用重型屋面, 经设计后, 屋架的矢高需达 5.15 m, 下弦杆圆管截面尺寸 560×22 (应力比 0.864), 上弦杆截面 450×20 (应力比 0.794), 单榀横向管桁架重量达 56 t; 这给桁架的整榀运输及吊装带来较大困难。因此, 主厂房屋架改用轻型屋面方案: 屋架矢高初定 3.5 m,



注: 图中尺寸单位为 mm。

图 3 单榀横向桁架视图
Fig. 3 View of single transverse truss

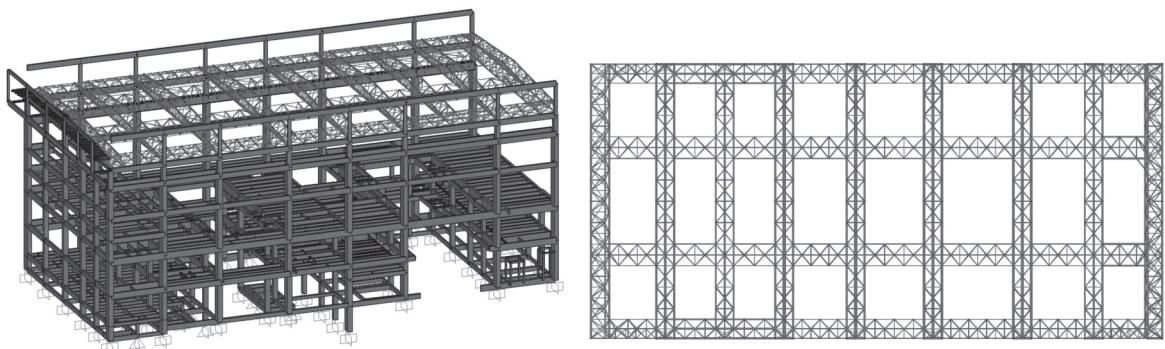


图 4 整体模型及屋架俯视图
Fig. 4 Overall model and top view of roof truss

设 6.5% 排水坡度, 两侧高度 2.0 m, 此外, 还需保证杆件之间的夹角不小于 30°, 如图 3 所示。

4 设计结果

本工程主厂房借助 SAP2000 结构分析软件进行设计, 建立主厂房与屋架的整体模型, 如图 4 所示。屋架与主厂房混凝土框架柱牛腿铰接连接, 屋架支撑及腹杆之间按桁架杆件连接, 释放端部弯矩; 屋架

材料均采用 Q355B 钢材。

轻型屋面方案, 上弦杆用到 273×14(钢管外径×壁厚)、325×14、325×16 三种截面, 下弦杆用到 325×16、299×16、450×20 三种截面, 其他杆件截面包括 108×6、133×8、152×8、194×8 等, 所有杆件应力比、挠度比均小于 0.85, 屋架跨中最大竖向位移, 亦小于《钢结构设计规范》的要求^[8], 可见结构方案合理, 强度、刚度满足要求, 应力比云图如图 5 所示。

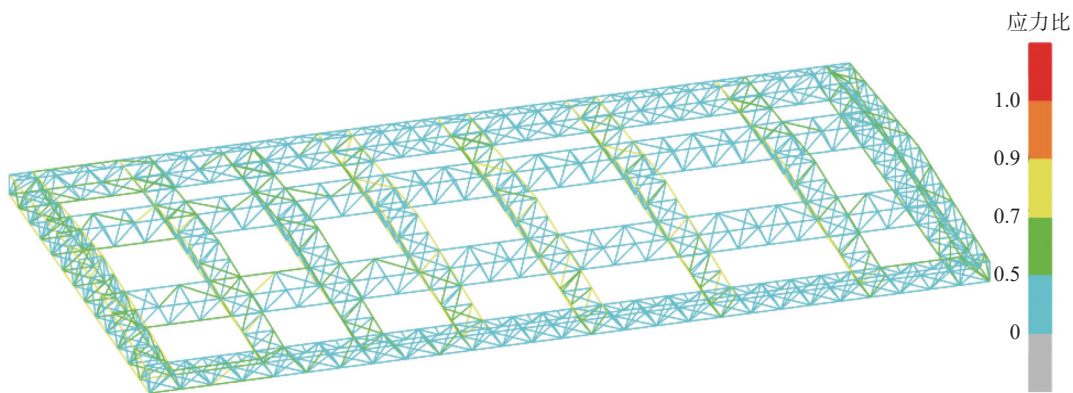


图 5 杆件应力比云图

Fig. 5 Stress ratio cloud map of member

表 1 给出重型屋面与轻型屋面方案的相关参数对比, 其中重量不包括屋面檩条质量。可见采用轻型屋面, 屋架高度小, 同等应力比水平下杆件截面小; 最大单榀桁架质量为重型屋面屋架的 53.5%, 1 号机组屋架总重仅为重型屋面屋架的 48.2%, 经济性、施工可行性上具有较大优势。实际上, 当屋架横向跨度超过 45 m 时不宜使用重型屋面, 如必须采用, 则需合理布置结构方案, 选择屋架的杆件截面型式, 以减小屋架高度及自重。

表 1 重型屋面与轻型屋面对比

Tab. 1 Comparison of heavy roofing and light roofing

屋面类型	重型屋面	轻型屋面
屋架矢高/m	5.15	3.5
下弦杆最大截面(应力比)	560×22(0.864)	450×20(0.846)
上弦杆最大截面(应力比)	450×20(0.794)	325×16(0.79)
最大一榀桁架重量/t	56	30(53.5%)
1号机总重量/t	616	297(48.2%)

5 结论

本文对某燃机项目主厂房屋架结构, 优化屋面

活荷载取值及分布后, 进行混凝土重型屋面和轻型钢屋面两种方案比选设计, 建立不同的 SAP2000 分析模型, 得到结论如下:

1) 重型屋面相比于轻型屋面, 其矢高更大, 导致单榀桁架的重量和空间体积也较大, 对于屋架的单榀运输和安装有更高的要求。

2) 重型屋面由于自身重量大, 以至于需要采用更大的杆件截面组成屋架结构, 这同时增加屋架结构的自重, 用钢量大。而采用轻型钢屋面, 用钢量仅为重型屋面的 48.2%。

由此可见, 在设计基本风压较低的区域, 对于此类跨度达 46 m 的屋架结构, 采用重型屋面的形式是不合理的, 采用轻型钢屋面屋架结构既可保证安全性, 且经济性较好。

参考文献:

- [1] 陈昌山, 朱瑾, 范勇刚, 等. H 级燃电厂新型主厂房布置方案检修起吊设计研究 [J]. 电力勘测设计, 2021(11): 33-40. DOI: 10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2021.11.007.
CHEN C S, ZHU J, FAN Y G, et al. Design and research of maintenance and hoist scheme for the new main building layout plan of H-class CCPP [J]. Electric power survey & design,

- 2021(11): 33-40. DOI: [10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2021.11.007](https://doi.org/10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2021.11.007).
- [2] 杨雪平, 张肖峰, 韦文兵. 空间管桁架在±1 100 kV 户内直流场中的应用研究 [J]. *南方能源建设*, 2018, 5(3): 83-88. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.013](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.013).
YANG X P, ZHANG X F, WEI W B. Research and application on space tubular truss in ± 1 100 kV indoor DC hall [J]. *Southern energy construction*, 2018, 5(3): 83-88. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.013](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.03.013).
- [3] 杨宏亮, 苑森. 空间管桁架与实腹钢梁在双坡屋面设计中应用比较 [J]. *武汉大学学报(工学版)*, 2010, 43(增刊 1): 144-148.
YANG H L, YUAN S. Comparison between spatial steel-pipe truss and steel girder used for two-slope roof frame [J]. *Engineering Journal of Wuhan University*, 2010, 43(Suppl.1): 144-148.
- [4] 彭菲菲. 厂房钢屋架优化选型设计 [J]. *工程建设与设计*, 2004(4): 49-51. DOI: [10.3969/j.issn.1007-9467.2004.04.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9467.2004.04.017).
PENG F F. Optimizes design the selecting type for the steel roof of factory building [J]. *Construction & design for engineering*, 2004(4): 49-51. DOI: [10.3969/j.issn.1007-9467.2004.04.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9467.2004.04.017).
- [5] 何润财, 涂国富. EPC 工程总承包项目中采购成本控制 [J]. *南方能源建设*, 2016, 3(增刊 1): 173-176. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.039](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.039).
HE R C, TU G F. Procurement cost control in EPC general contract project [J]. *Southern energy construction*, 2016, 3(Suppl.1): 173-176. DOI: [10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.039](https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.S1.039).
- [6] 李强波, 戴戈, 宁文涛, 等. 火力发电厂汽机房屋面空间钢管桁架的应用研究 [J]. *武汉大学学报(工学版)*, 2013, 46(增刊 1): 192-195.
LI Q B, DAI G, NING W T, et al. Research on application of steam turbine house cover spatial steel pipe truss in thermal power plant [J]. *Engineering Journal of Wuhan University*, 2013, 46(Suppl.1): 192-195.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑结构荷载规范: GB 50009—2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. Load code for the design of building structures: GB 50009—2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢结构设计标准: GB 50017—2017 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. Standard for design of steel structures: GB 50017—2017 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017.

作者简介:



陈卫

陈卫 (第一作者)

1975-, 男, 正高级工程师, 一级注册结构工程师, 结构工程专业学士, 主要从事电力项目设计管理工作(e-mail)chenwei@gedi.com.cn。

刘奕辉

1974-, 男, 高级工程师, 工业与民用建筑专业硕士, 主要从事电力施工管理工作(e-mail)liuyihui@geg.com.cn。



钟志恒

钟志恒 (通信作者)

1996-, 男, 湖南大学结构工程专业硕士, 主要从事结构设计工作(e-mail)zhongzhiheng@gedi.com.cn。

(编辑 赵琪)