

远影·云起·天际

——文化赋能工程美学设计的岳阳电厂实践

陈柳珺^{1,✉}, 尹丽¹, 陈守祥¹, 孙淼²

(1. 中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司, 湖北 武汉 430070;
2. 上海大学 文化遗产与信息管理学院, 上海 200444)

摘要: [目的] 美丽中国建设需要彰显现代化的工程之美, 更需依托中华优秀传统文化。文章旨在研究以文化和美学改善现有工业建筑因工艺造型、工程经济造成限制的设计方法。[方法] 采用案例分析和工程实践的方式, 研究国内外电力工程美学设计案例, 归纳出传统地域文化、科技创新文化和多元融合文化三类视角, 并将此应用于国能岳阳电厂 2×1000 MW 级新建工程的“远影、云起、天际”方案设计思路之中。[结果] 通过典型项目的设计实践, 提炼出“文化赋能表达”“创新驱动设计”“共享融合发展”的工程美学设计方法。[结论] 期望以岳阳电厂为起点, 探索文化作为概念出发点与创新立足点赋能工程美学, 特别是在火力发电厂的整体规划、建筑设计中的可行路径。

关键词: 文化赋能; 工程美学; 工业建筑设计; 岳阳电厂; 火力发电厂

中图分类号: TU2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)

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

Distant Shadows - Rising Clouds - Sky: The Practice of Yueyang Power Plant in the Aesthetic Design of Cultural Empowerment Project

CHEN Liu jun^{1,✉}, YIN Li¹, CHEN Shou xiang¹, SUN Miao²

(1. Central Southern China Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Wuhan 430070, Hubei, China;
2. School of Cultural Heritage and Information Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: [Introduction] The construction of beautiful China should show the beauty of modernized engineering, and more importantly, it should rely on the excellent traditional Chinese culture. The paper aims to study the design method to improve the existing industrial buildings with culture and aesthetics, which is limited by process modeling and engineering economy. [Method] Through case study and engineering practice, we studied the aesthetic design cases of power projects at home and abroad, summarized the three perspectives of traditional regional culture, scientific and technological innovation culture, and diversified fusion culture, and applied them to the design ideas of "Distant Shadows - Rising Clouds - Sky" for the new 2×1000 MW project of CHN Energy Yueyang Power Plant. [Result] Through the design practice of typical projects, the engineering aesthetic design method of "cultural empowerment expression", "innovation-driven design" and "sharing and integration development" is refined. [Conclusion] We expect to take the Yueyang Power Plant as a starting point to explore the feasible way for culture as a conceptual starting point and innovation foothold to empower engineering aesthetics, especially in the overall planning and architectural design of thermal power plants.

Key words: cultural empowerment; engineering aesthetics; industrial architecture design; Yueyang power plant; thermal power plant

0 引言

党的二十大报告指出, 中国式现代化是物质文

明和精神文明相协调的现代化。当前我国正值产业技术革新、绿色低碳转型的时代变局, 工程设计行业作为高质量发展的主力军, 应围绕“创新, 绿色, 数智,

收稿日期: 2024-08-17 修回日期: 2024-09-23

基金项目: 国家社会科学基金重大项目资助“三线建设工业遗产保护与创新利用的路径研究”(17ZDA207)

融合”四大维度,推进中华优秀传统文化创造性转化、创新性发展^[1-3]。

根据 2023 年度中国电力企业联合会统计与数据中心公开数据,中国全社会发电量达 9280 TWh,其中火力发电量以 65.7% 位居首位^[4],电力工程项目始终肩负着承担城乡电力供应、保障现代化生产生活方式的重要职能。近年来,将文化融入建筑设计已逐渐成为趋势,而传统电厂设计由于地处偏远,工艺流程、工程造价约束,且具有较高的科技属性,其设计缺少自由度,建筑工程美学尚在起步阶段。文章以文化为内核,通过现有工程美学设计案例的分类研究和岳阳电厂设计的具体实践,贯彻落实习近平文化思想和生态文明思想,以更高品质、更“美”特质创新推动现代工程建设。

1 文化视角下工程美学设计现状

电力工程建筑按类别可分为火力发电厂、变电站、储能电站等。随着社会发展,电力工程建筑设计理念向着形象、空间、材质的去工业化设计和融入地域文化、公共参与等社会功能发展,形成工业景观、工业旅游、遗址改造、文化建筑的一系列代表性议题^[5-9]。国内外知名电力工程项目的美学设计可以按传统地域文化、科技创新文化、多元融合文化

的三类视角研究^[10-14],见表 1。

1.1 传统地域文化

优秀传统文化浸润着民族审美趣味与精神追求,蕴含人文与自然共生的可持续发展理念。地域文化影响的场地环境、形式风格逐渐成为理性思维主导的工程建筑的独特“名片”。

火力发电厂厂区占地达数十公顷,包含生产建筑、辅助建筑、附属建筑等,注重空间布局的合理性。设计汲取地方特征元素和组团建筑的空间组织,以谦逊姿态融入场地环境,构建个性化绿色生态景观,展现积极的精神文化形象。例如,华能桐乡燃机电厂引水入园,分段布置,建筑沿用粉墙黛瓦特征,展现江南风韵;南宁双定垃圾焚烧发电厂巧借地势塑造“山之印象”的大地景观,提取广西“壮锦”民俗工艺形态设计立面构造,回应文脉特质。

1.2 科技创新文化

科技创新、全过程优化显著地影响电厂标准化设计模式所对应的工程形象,改善厂区整体布局和建筑体量规模,满足节能节地、减排降碳需求,深入环保理念^[15-17]。

配套应用新结构与新材料,如采用高转化率机组、装配式节能幕墙、太阳能发电与雨水循环利用等,赋予建筑符合现代风格的色彩、肌理与形式。将

表 1 电力工程项目的美学设计

Tab. 1 Aesthetic design of power engineering projects

传统地域文化	科技创新文化	多元融合文化
 <p>华能桐乡燃机电厂 绿色人文水乡里的花园电厂</p>	 <p>新加坡“海湾花园” 生态旅游、科普展馆</p>	 <p>丹麦哥本哈根Copen Hill 创新材料,城市公共空间延续</p>
 <p>南宁双定垃圾焚烧发电厂 人文主义工业情怀</p>	 <p>深圳东部垃圾焚烧发电厂 屋面光伏,资源有效利用</p>	 <p>广投北海电厂 复合模式多元化设计,打造沿海新地标</p>

严谨的工程项目转化为凝聚工程美学的创新实践, 寻求人文温度与技术精度的同频共振。如新加坡“海湾花园”融合能源综合利用与垂直园林展廊, 构成个性化生态旅游景观营造城市地标^[18]; 深圳东部垃圾焚烧发电厂立足“3060”双碳目标, 集约布置工业机组, 打造高科技节能建筑^[19]。

1.3 多元融合文化

火力发电厂深度参与城市电力能源供给, 具有较高的公众参与、科普价值, 融入城市发展。新发展形势下, 将传统电厂地块独立且位于郊区、存在噪声、污染等“邻避效应”转化为电力生产、科普教育、休闲娱乐与生活服务等多功能融合的“邻利性”市政开放设施。在经济层面有助于发展地区旅游业, 促进建设单位优化电厂形象, 应用创新成果, 提升社会价值。

如丹麦哥本哈根 Copen Hill 垃圾焚烧发电厂将山形屋顶设计为立体互动的城市“滑雪场”^[20]; 广投北海电厂以“船舶”往来的北海记忆作为建筑语素, 兼顾高效智能、绿色生态的设计目标, 凝聚工程与艺术美学。

实际上, 以上各类文化赋能的设计方法是相辅相成、共同作用的。从城市整体协调、厂区建筑群落、内外空间的形象、功能多角度融合完善, 开拓工业建筑在功能、工艺限制下创造美的可行路径。

2 岳阳电厂工程美学设计

岳阳电厂工程美学设计基于国能湖南岳阳电厂 2×1 000 MW 级新建工程^[21], 项目位于岳阳市华容县, 用地面积 33.13 hm², 厂址北距长江约 13 km, 位于桃花山、天井山两处省级森林公园之间, 内部东南侧有红星水库。

设计结合地域文脉, 将岳阳洞庭湖畔千帆竞发的壮美画面与烟雨江南的人文意境相结合。历经多元思路探索工程美学的表达方式, 以中国传统诗词、绘画中的“帆影”“祥云”“江流”三类美学意象为灵感设计厂区主要建筑的造型, 形成“远影”“云起”“天际”一题三表的设计方案(表 2)。

2.1 远影

远影方案化物为形, 采用正负形叠加、虚实结合的写意手法“逐浪远影”, 使富有动感与韵律的建筑天际线同连绵的远山琴瑟和鸣。

主厂房外立面设计银灰色冲孔铝板立浪造型, 以高穿孔率铝板为帆、低穿孔率铝板为背景, 后方锅炉房立面则以实为帆、以虚为影, 二者相互映衬, 巧妙转译风帆泊岸的水墨意境。汽机房及智控楼由龙鳞光伏板交错搭接构成的连续曲面屋顶联动, 飞扬起舞。

绿色生态融合, 视觉轻量化设计将建筑与环境融为一体。基于现有水库打造生态湖景, 营造亲水平台供员工休憩。与之相对的智控楼主立面采用大面积玻璃幕墙引入自然光线, 倒影湖面延伸景深, 屋顶挑檐营造出“映楼阁青山隐隐, 漾池塘绿水粼粼”的灰空间, 赋予工业厂房一番诗情画意。

2.2 云起

云起方案化形为意, 将中国传统美学中的“卷云、积云、层云”的意象融入电厂的建筑, “白云生远岫, 摇曳入晴空”, 与环境共鸣。

“卷云”飘逸流动, 勾勒出汽机房、智控楼外观, “积云”厚重稳健, 塑造锅炉房形态, “层云”通透轻盈, 将烟塔融入蓝天, 变中有序, 和而不同。全厂统一设计, 以清晰的结构层次, 温暖的材料搭配, 生动的细部构造, 共同营造人文宜居的厂前生活区。宿舍楼与运动休闲馆依地形围合形成院落, 工程师休息楼的木质顶棚如同漂浮的云朵, 与主厂房遥相呼应。

2.3 天际

天际方案以大象为境, 将长江流动的形态以大写意的手法在立面徐徐展开, “浩浩汤汤, 横无际涯”, 象征中华文明的延续和传承。

汽机房外立面采用金属铝板进行扭转造型, 将江水流动之美转化为建筑语言, 随着时间推移、光影流转变化万千。采用多种材质, 锅炉房运用不同规格和比例的金属铝板构建视觉层次。智能技术助力可持续发展, 智控楼采用光伏幕墙技术, 膜结构的胶囊形干煤棚则带来了全新的视觉体验, 打造环保、高效的现代化厂区。

3 文化赋能工程美学设计

岳阳电厂设计中厂区规划顺应自然环境, 建筑设计蕴含地域文化, 技术创新功能集约, 智能智慧共享融合, 突出“以文化人, 美美与共”的生态文明理念, 打造森林中的能源中心, 是文化赋能工程美学设计的重要实践(图 1)。本文从典型设计项目出发, 在传统地域文化、科技创新文化、多元融合文化的视

表 2 方案概念图

Tab. 2 Conceptual diagram of the programme

远影	云起	天际
千帆竞发, 逐浪远影——化物为形	卷云、积云、层云——化形为意	浩浩汤汤, 横无际涯——以大象为境

角下提炼出“文化赋能表达、创新驱动设计、共享融合发展”工程美学设计的方法。

3.1 文化赋能表达

岳阳具有丰富深厚的历史, 江湖交汇的地理位置, 多元包容的文化底蕴。历代名家著有“衔远山, 吞长江”, “气蒸云梦泽, 波撼岳阳城”等诗篇, 时至今日, 岳阳楼、屈原祠已成为承载中华民族“爱国忧民、坚持真理”精神风骨的物质文化遗产。“远影、云起、天际”方案依托当地生态环境、社会环境、文化环境, 展现和谐共生的生态与人文之美。

项目选址“进”自然, 全方位考虑工程设计与自然空间的融合, 保留并利用原有水塘、山体、树木、道路等生态资源。建设“依”自然, 综合工艺流程、运行条件以及施工条件等多方面因素, 优化厂区竖向方案, 建构筑物依地形山势布局, 注重立体层次分布。厂区环境聚焦洞庭湖畔山水之趣, 建筑风格蕴含东方美学简约之雅, 人文空间可观可游, 共享低碳发展之乐。

3.2 创新驱动设计

新型火力发电厂是先进工程技术的实验和推广的重要场所, 岳阳电厂采用大容量、超超临界机组, 功能集成优化, 打造节能环保、效率经济的标杆, 彰



图 1 岳阳电厂设计鸟瞰图

Fig. 1 Bird's eye view of Yueyang power plant design

显创新之美。

厂区总平面布局清晰, 以现有水库作为生态绿洲将生产区与生活区有机连接、动静分区(图 2)。在生产区域内, 将煤场、灰库等较易散发粉尘的储运建筑布置于全年主导风向的下风向集中管理, 实现“以风为带, 净染分离”的生产环境。功能空间集约集成, 节约用地与土石方工程量。合并辅助建筑的同类项, 设置联合建筑, 使厂区大型建筑体量平衡。如将集控楼、网控楼、化学试验楼等“九楼合一”设为“智控楼”, 原水预处理、除盐水等“七水共治”,

设为“水务中心”。优化综合管架路径节约用地,采用双机回热技术、烟气三级余热利用方案降能提效,“低温烟气浓缩+旁路烟道固化”技术、烟塔合一技术降低污染排放,建设生态环保电厂。

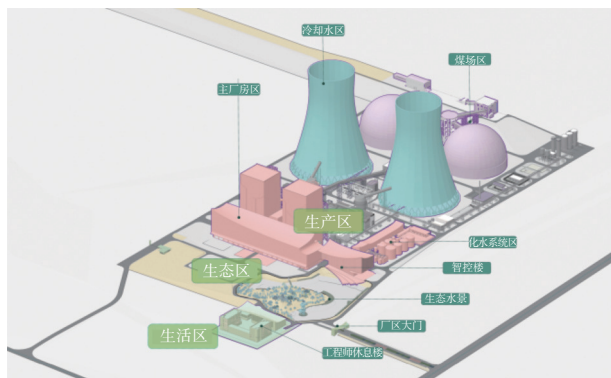


图 2 总平面布局图

Fig. 2 General layout drawing

3.3 共享融合发展

工业建筑在构造上具有理性逻辑,形成独特的功能空间,追求内外统一的美学体验。岳阳电厂设计兼顾整体性与实用性,全程智慧运营,培育人文关怀,共享数智、融合之美。

统筹全厂设计,从建筑组团到室内设计风格协调而富有层次。永临结合的基建办公区汲取湖湘传统院落布局,辅助生产建筑采用柔和的倒圆角设计。集控室延续曲线的主题风格,将“洞庭湖”元素应用于顶棚,“树”的元素用于墙面,形成曲面空间的穹顶之态。集控室外侧设置公众参观流线,联通半开放式科技展示中心,共享发展成果。

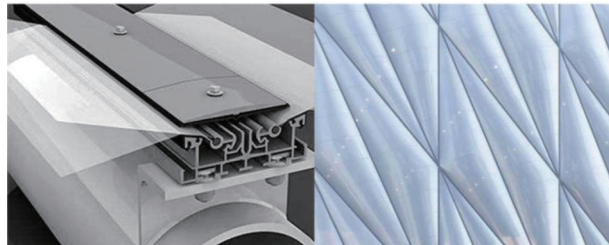
选用创新节能材料辅助表达,增强建筑外观、构建形式与色彩搭配。采用光伏一体化节能低碳表皮、ETFE 薄膜、穿孔铝板等科技材料,精细化构造设计,实现经济与美学的双重平衡,营造人性化的空间氛围(图 3)。

践行“七网融合”理念,结合大数据、物联网等技术,建设全生命周期智慧管控一体化信息系统。以智能控制中心为核心,探索“5G”+“智能工地、智能巡检、智能办公”模式,打造高效率、低能耗、可持续的多方融合共治共建共享智慧电厂(图 4)。

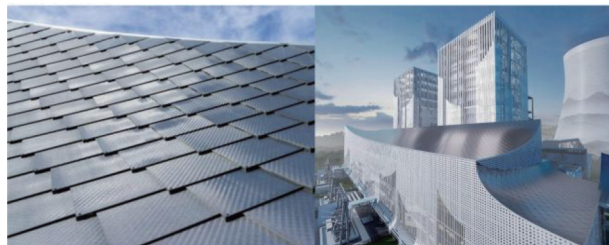
4 结论

存量发展时代,文化在城市建设、工程设计中的

ETFE膜



龙鳞光伏板



发泡陶瓷

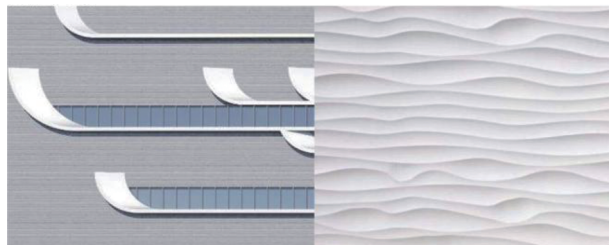


图 3 创新节能材料辅助表达

Fig. 3 Auxiliary expression of innovative energy-saving materials

价值愈发凸显。国资央企承建的重大工程更是支撑经济发展、传承优秀文化、塑造国家形象的载体。本方案已在由中国能源建设集团、人民日报《国家人文历史》杂志社联合主办的“为世界塑造美”工程创新设计与建造优秀案例发布会中获评《卓越案例》,是勇担新的文化使命、积极推动美丽中国建设的重要实践。

文章通过传统地域文化、科技创新文化、公众参与文化三类文化视角研究具有工程美学特质的代表案例,展现文化赋能工程美学设计的趋势。同时,以“岳阳电厂设计”为题,在实际项目的蓝本上因地制宜,整体规划,提出“文化赋能表达”“创新驱动设计”“共享融合发展”的工程美学设计方法。自然为体、生态为纲、文化为常、数智为用、和谐共生,打造凝聚自然、人文、艺术与工程复合表达的可持续发展的新型电厂。期望以项目实践促进设计研究,以创新研究推广设计理念,构建人文情怀与工程美学交织的能源工业建筑新模式。

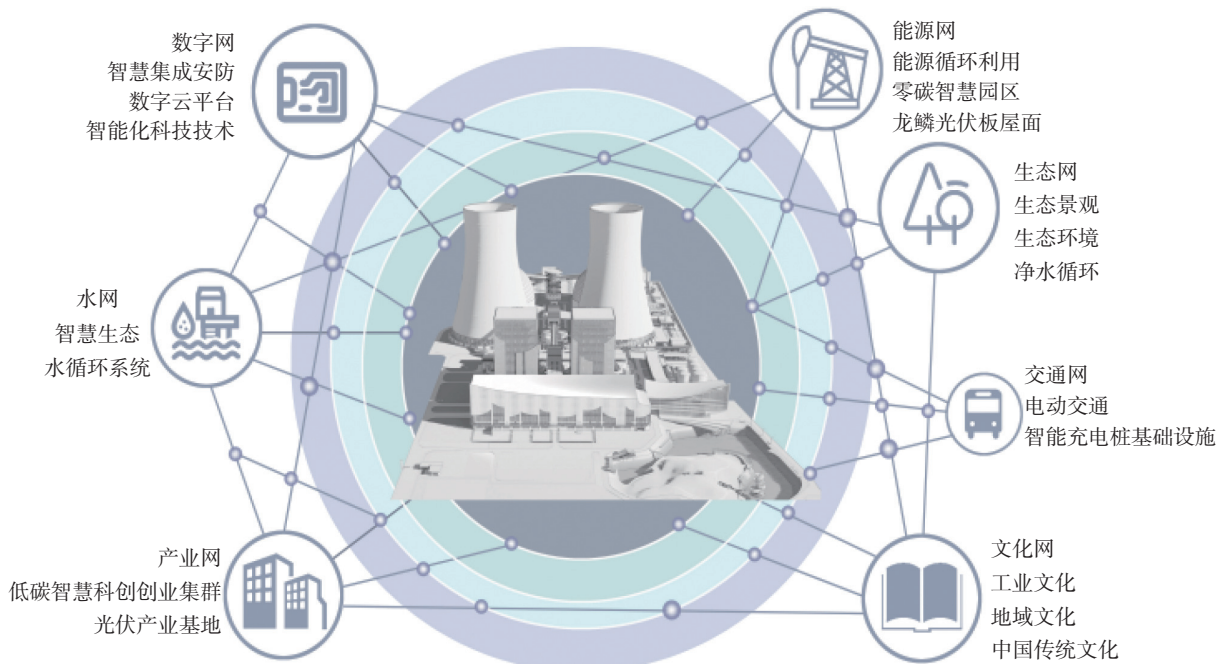


图 4 践行“七网融合”理念

Fig. 4 Practising the concept of "Seven Networks Integration"

参考文献:

- [1] 宋海良. 筑牢发展和培育新质生产力的基石 [EB/OL]. (2024-03-25) [2024-08-10]. <http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n16303206/c30377080/content.html>.
SONG H L. Build a solid foundation for the development and cultivation of new quality productivity [EB/OL]. (2024-03-25) [2024-08-10]. <http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n16303206/c30377080/content.html>
- [2] 叶涛. 火力发电厂 (3 版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
YE T. Thermal power plants (3rd ed.) [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009.
- [3] 张丁丁. 浅议智能建造引领工程建设行业的高质量发展 [J]. 中国市场, 2024(4): 72-75. DOI: [10.13939/j.cnki.zgsc.2024.04.019](https://doi.org/10.13939/j.cnki.zgsc.2024.04.019).
ZHANG D D. A brief discussion on intelligent construction leading the high-quality development of engineering construction industry [J]. China market, 2024(4): 72-75. DOI: [10.13939/j.cnki.zgsc.2024.04.019](https://doi.org/10.13939/j.cnki.zgsc.2024.04.019).
- [4] 《中国电力年鉴》编辑委员会. 2020 中国电力年鉴 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2021.
Editorial Committee of China Electric Power Yearbook. 2020 China electric power yearbook editorial committee [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2021.
- [5] 朱浩. 公众参与视角下的新型资源热力电厂优化设计策略 [D]. 广州: 华南理工大学, 2020. DOI: [10.27151/d.cnki.glnlu.2020.004421](https://doi.org/10.27151/d.cnki.glnlu.2020.004421).
ZHU H. Optimal design strategy of new resource thermal power plants from the perspective of public participation [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2020. DOI: [10.27151/d.cnki.glnlu.2020.004421](https://doi.org/10.27151/d.cnki.glnlu.2020.004421).
- [6] 孙梦园. 当代工业建筑形象创新设计研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018. DOI: [10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.002914](https://doi.org/10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.002914).
SUN M Y. Research on innovation design of modern industrial building image base [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2018. DOI: [10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.002914](https://doi.org/10.27061/d.cnki.ghgdu.2019.002914).
- [7] 于燕. 火力发电厂厂区景观环境设计研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016. DOI: [10.27061/d.cnki.ghgdu.2016.000009](https://doi.org/10.27061/d.cnki.ghgdu.2016.000009).
YU Y. Design and research on landscape environment of thermal power plant [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2016. DOI: [10.27061/d.cnki.ghgdu.2016.000009](https://doi.org/10.27061/d.cnki.ghgdu.2016.000009).
- [8] 吴新鹏. 既有火力发电厂综合品质提升策略研究 [D]. 济南: 山东建筑大学, 2023. DOI: [10.27273/d.cnki.gsajc.2023.000580](https://doi.org/10.27273/d.cnki.gsajc.2023.000580).
WU X P. Research on comprehensive quality improvement strategy of existing thermal power plants [D]. Ji'nan: Shandong Jianzhu University, 2023. DOI: [10.27273/d.cnki.gsajc.2023.000580](https://doi.org/10.27273/d.cnki.gsajc.2023.000580).
- [9] 蒋亚丽. 技术与艺术的和谐表现——现代火力发电厂建筑设计初探 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2007.
JIANG Y L. Harmonious expression of architectural technology and architectural art-primary study on architectural design of fire power plant [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2007.
- [10] 李泳征, 李其郢. 南宁双定垃圾焚烧发电厂 [J]. 建筑实践, 2023(1): 138-139.
LI Y Z, LI Q Z. Nanning Shuangding waste-to-energy power plant [J]. Architectural practice, 2023(1): 138-139.
- [11] 袁小山. 当代中国工程设计美学研究初探 [J]. 湖北美术学院学报, 2016(2): 101-104. DOI: [10.3969/j.issn.1009-4016.2016.02.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-4016.2016.02.020).
YUAN X S. A preliminary study of contemporary Chinese

- engineering design aesthetics [J]. Hubei institute of fine arts journal, 2016(2): 101-104. DOI: [10.3969/j.issn.1009-4016.2016.02.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-4016.2016.02.020).
- [12] 慕悦, 韩岭. "鹏城"垃圾能"升华" [J]. 中国电力企业管理, 2019(18): 24-25. DOI: [10.3969/j.issn.1007-3361.2019.18.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-3361.2019.18.006).
MU Y, HAN L. "Pengcheng" rubbish can be "sublimated" [J]. China power enterprise management, 2019(18): 24-25. DOI: [10.3969/j.issn.1007-3361.2019.18.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-3361.2019.18.006).
- [13] 林大卫. 生活垃圾焚烧发电厂的建筑设计新探索——以上海老港再生能源利用中心二期为例 [J]. 建筑技艺, 2019(6): 118-120 DOI: [10.3969/j.issn.1674-6635.2019.06.021](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-6635.2019.06.021).
LIN D W. Design exploration about waste incineration power plant: Shanghai Laogang renewable energy utilization center phase II [J]. Architecture technique, 2019(6): 118-120. DOI: [10.3969/j.issn.1674-6635.2019.06.021](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-6635.2019.06.021).
- [14] 赵爱辉. 论当今火力发电厂中的"去工业化"建筑设计思维 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2014(24): 1566-1566.
ZHAO A H. On the "de-industrialised" architectural design thinking in today's thermal power plants [J]. Urban construction theory research: electronic edition, 2014(24): 1566-1566.
- [15] 产斯友. 建筑表皮材料的地域性表现研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
CHAN S Y. The regional expression research of the material of architectural skin [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014.
- [16] 杜祥飞, 舒萍增. 浅谈电厂建筑去工业化改造 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, 8(24): 10. DOI: [10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201824010](https://doi.org/10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201824010).
DU X F, SHU P Z. Introduction to de-industrialisation transformation of power plant buildings [J]. Theoretical research in urban construction, 2018, 8(24): 10. DOI: [10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201824010](https://doi.org/10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201824010).
- [17] 高建新, 时子斐. "思变"与"点睛"——建筑细节在电厂建筑中的美学应用 [J]. 武汉大学学报(工学版), 2011, 44(增刊1): 50-53.
GAO J X, SHI Z F. "Originality" and "Finishing touch"-Aesthetical application of architectural details to power plant buildings [J]. Engineering journal of Wuhan university, 2011, 44(Suppl.1): 50-53.
- [18] 徐毅. 城市生态空间的营造——以新加坡滨海湾公园为例 [J]. 中国城市林业, 2013, 11(6): 32-34 DOI: [10.3969/j.issn.1672-4925.2013.06.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4925.2013.06.010).
XU Y. Urban eco space construction: a case study of gardens by the bay in Singapore [J]. Journal of Chinese urban forestry, 2013, 11(6): 32-34. DOI: [10.3969/j.issn.1672-4925.2013.06.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4925.2013.06.010).
- [19] 黄华青. 滨海湾花园之湾南花园, 新加坡 [J]. 世界建筑, 2017(4): 78-83. DOI: [10.16414/j.wa.2017.04.013](https://doi.org/10.16414/j.wa.2017.04.013).
HUANG H Q. Bay south of gardens by the bay, Singapore, 2012 [J]. World architecture, 2017(4): 78-83. DOI: [10.16414/j.wa.2017.04.013](https://doi.org/10.16414/j.wa.2017.04.013).
- [20] MORTEN, KRAMMER, NIELSEN. Copen Hill——哥本哈根中部的垃圾焚烧厂 [J]. 区域供热, 2015(1): 121-122. DOI: [10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2015.01.001](https://doi.org/10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2015.01.001).
MORTEN, KRAMMER, NIELSEN. Copen Hill: a waste incineration plant in central Copenhagen [J]. District heating, 2015(1): 121-122. DOI: [10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2015.01.001](https://doi.org/10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2015.01.001).
- [21] 中国神华能源股份有限公司. 关于岳阳项目1号机组通过168小时试运行的公告 [EB/OL]. (2023-10-27) [2024-08-10]. https://www.sse.com.cn/disclosure/listedinfo/announcement/c/new/2023-10-27/601088_20231027_PASW.pdf.
China Shenhua Energy Co., Ltd. Announcement on unit 1 of Yueyang project through 168-hour trial operation [EB/OL]. (2023-10-27) [2024-08-10]. https://www.sse.com.cn/disclosure/listedinfo/announcement/c/new/2023-10-27/601088_20231027_PASW.pdf.

作者简介:



陈柳璐

陈柳璐(第一作者, 通信作者)

1996-, 女, 工程师, 同济大学建筑学工学硕士, 主要从事火力发电厂建筑设计工作 (e-mail)clj6255@csepedi.com。

(编辑 徐嘉铖)