

兴山县生活垃圾焚烧发电项目主厂房的建筑设计

符威

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

摘要：生活垃圾焚烧发电厂是一个环保项目，产生的电能带来了显著的碳减排量，对实现我国碳达峰、碳中和目标有着重要的贡献。以兴山县生活垃圾焚烧发电项目主厂房为例，分析城市生活垃圾焚烧厂设计中应注意的要点，从设计内涵性、地域特色性、先进性的表达等方面对建筑设计构思要点进行阐述。

关键词：垃圾焚烧；生态性建筑；防腐防渗

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.102

一、项目概况及周边环境

湖北省宜昌市兴山县垃圾焚烧发电项目是以处理兴山县生活垃圾为目的，利用现代垃圾分类技术处理后，焚烧高热值垃圾及沼气等产生的热能来发电的市政、民生项目，见图1。



图1 焚烧主厂房鸟瞰图

本工程拟采取BOT运作模式推进，总投资约2.8亿元，建设规模为300吨/日。厂区建筑设计包括办公科研、焚烧发电输电部分和生产配套部分。办公科研部分是一栋综合楼，包括办公、实验、职工食堂、倒班宿舍等功能。综合楼作为全厂的管理、运营中心布置在主出入口附近，建筑主体面向湖面。生产配套部分包括综合泵房、冷却塔、初雨池、综合膜车间、综合水池等辅助用房，该部分为主厂房生产提供工艺配套服务；主厂房为厂区主要的生产建筑物，根据现状地形布置在厂区的北端，含垃圾卸料车间、垃圾池、焚烧及锅炉间、烟气净化间、汽机间、中控及值班室等。

二、建筑设计理念

- 1) 工业建筑功能性、合理性、独特性的美学表达。
- 2) 建筑设计体现工业建筑的智能化、安全性、高效率、生态性及成本控制。
- 3) 建筑群以新的工业建筑设计风格呈现在兴山市民面前。

民面前。

三、主厂房设计

(一) 建筑设计背景

2021年12月，生态环境部等18部委联合印发《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》，其中要求提高生活垃圾焚烧能力，大幅减少生活垃圾填埋处置，规范生活垃圾填埋场管理，减少甲烷等温室气体排放。推进生物质能多元化利用，稳步发展城镇生活垃圾焚烧发电，有序发展农林生物质发电和沼气发电，因地制宜发展生物质能清洁供暖。

垃圾焚烧厂是重大民生项目，也是城市发展的必然选择。能解决了日益突出的城市生活垃圾围城问题，改变城市生活垃圾未来无处填埋现状，在垃圾分类及无害化处理的基础上，焚烧发电、变废为宝，实现生活垃圾减量化、资源化，产生良好经济效益。

同时，垃圾焚烧厂也面临着阻力，焚烧后产生的大气污染物和飞灰对所在地的生态环境造成影响。如果将焚烧发电厂的建筑设计成独特的地标性建筑，一定程度上能减缓这种关系紧张的态势。同时焚烧技术也应持续升级改进，降低一类剧毒物质二噁英的排放。

(二) 主厂房平面布局

借助建筑专业综合体的定义，可以推导出工业建筑综合体概念，即由多个使用功能不同的空间组合在一起形成有机体系的工业建筑，也可以称为工业建筑综合体。

兴山县生活垃圾焚烧发电厂主厂房按工艺流程包括垃圾接收区、垃圾焚烧及烟气处理区、汽轮发电机房、配电区和中控办公区五大部分。这几个部分在建筑空间内被组合成一个有机的整体。在建筑设计过程中，基于用地狭小的情况，将几个功能区在垂直和水平方向上整合，集中处理，厂房内各功能用房联系方便，设备管线便捷，充分利用自然通风采光。特别是控制室办公部分，布置在视野最开阔的一面，满足办公等工作用房的空间使用舒适性。（图2）

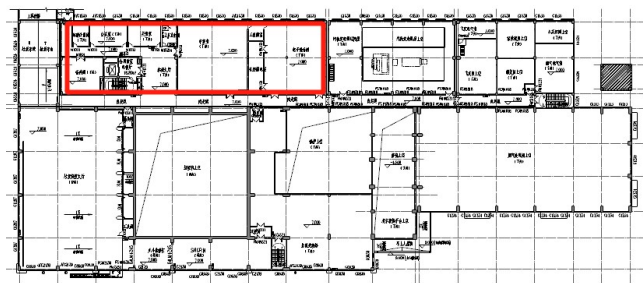


图2 焚烧主厂房控制中心（红色标识处）平面示意

(三) 主厂房建筑构思立意

本项目厂址位于山谷，面朝水库。场所环境相对单

一，周边以自然地貌植被为主，为了更好的呼应地形的起伏，吸收当代工业建筑设计的新理念，结合垃圾焚烧类环保建筑的特点，以解决主厂房内在需求为出发点，赋予工业建筑的生态性，改变此处的建筑面貌，让群众看到政府改善人居环境的决心，引发附近居民对生活垃圾处理问题的重视，改变乱扔垃圾、浪费资源的习惯。所以强调了本项目外观设计的地标性，同时起“环保教育展示建筑”的作用。

（四）主厂房创作手法

垃圾储坑跨、垃圾焚烧跨和烟气处理跨由于工艺功能需要，紧密连在一起。设计中考虑用一个斜面来整合这三大功能空间，此斜线构成了建筑的主立面，成为建筑视觉上的核心元素。同时，高度更高的垃圾焚烧跨屋面在这个斜面基础上上升起约15m，形成一个反斜向元素，让单调的厂房外轮廓更具动感。中控办公区北立面通过引入倾斜的干挂石材元素，来呼应主立面的斜面。倾斜的石材幕墙和金属复核外墙面板，和主厂房倾斜体量产生呼应，形成了生动的建筑形象，突出现代工业建筑特点。控制区部分主入口采用大面积玻璃与厂房实体墙面形成虚实对比，入口处的电梯和楼梯间在高出整个厂房平面，并且在高度上适当加高，形成局部的竖向视觉中心。

形成了动感的主厂房整体外轮廓。整个主厂房立面出现比较多的斜线构图，让建筑产生一定的视觉冲击力，打破呆板的传统工业建筑形象，营造出一种活跃的氛围，立面元素整体用竖向元素统一，整体形成一种新的视觉风格——有序、优雅、向上的力量，让群众过目难忘（图3）。



图3 主厂房北立面人视图示意

（五）主厂房功能空间设计和整体设计

主厂房为厂区体量最大的建筑单体，主体东西朝向。南北长约130m，东西宽度最大处约为52m。总建筑高度为54.50m，屋面最高点位于焚烧车间顶部，屋面为钢结构。多层办公部分最大高度29.90m，烟囱塔高度80.00m，均为钢筋混凝土结构。

垃圾焚烧发电厂有比较特殊的工业功能特性，功能性的满足是第一位，建筑形式要求弱于功能。建筑完全的功能空间话，会成为没有建筑语言的、互相孤立的空

间单体组合。如果将建筑风格设计的过于激进、异形化、随意化，反而会拉开与公众的距离，这种误区在后面设计中会尽量避免，甚至会让人们误解了环保事业。在设计中将大空间、规整的工业元素整合，根据所在地区的特色地貌和文化特定进行外立面的设计，将垃圾焚烧发电厂的建筑风格引向艺术性。

本次建筑整体设计重点是：多层次大空间的有机组合设计，建筑设计文化内涵性、地域特色性、先进性的表达。

1. 文化内涵性建筑设计表达

本工程主要功能是垃圾焚烧和发电，同时还具备环保事业科普教育的功能，提高人民群众重视环境保护，充分体现生态文明建设要求。

功能上为了宣传环保知识，在主厂房控制办公区门厅设置了入口接待展览区，参观人员通过电梯直达二楼中控层，通过一条长长的参观走廊，依次可以参观汽轮发电机房、焚烧锅炉、烟气处理区域，了解设备的运行和大概的工艺流程。通过在这条参观路径上的室内展览设计，配合后期的灯光设计、展板设计等，后期形成一个丰富的环保展示闭环，厂房也蜕变成了一个正常生产运转的“大型展览馆”。

2. 地域性建筑设计表达

本工程位于宜昌兴山县峡口镇泗湘溪村李家沟，项目用地外部空间单一，位于丘陵地带之间，是宜昌最偏远的一个山区县，面积90%是山区。场地外围山脉连绵，作为本次建筑设计的肌理参考。建筑体量上多个斜面的交互，映射了场地的山脉环境。距离神龙架国家级自然保护区很近，以密集的树林意向作为表皮肌理的基本元素，再用杆件间疏密关系有机分层处理，形成动势图案，契合大屋面的倾斜感。设计中以象征树木的浅灰、中灰为主色调，搭配倾斜的石材幕墙和密集的竖向外窗，和主斜体量产生呼应，形成生动的建筑形象，在呼应地域性的同时也突出现代工业建筑特点。干挂石材和竖向长窗有韵律的沿着立面流动，厂房东立面、北立面也用竖向的立面元素统一，整体石材和玻璃面虚实结合，形成和谐的韵律。目的是使厂房成为该区域的地标性建筑。

3. 生态性建筑设计表达

节地性设计——主厂房根据生产工艺，各个功能紧密联系，形成一个有机整体，这样的布局用地紧凑，同时缩短了相应的设备管线等，节约了大量的设备管线类投资，同时也提高了整体运行效率。主厂房平面布置考虑了远期设备机器更新、升级换代的预留空间，保证了厂房生产的可持续性。在施工图设计中将垃圾池底标高上抬，高出地下最高洪水水位线，节约了大量的防水防渗处理费，也利于结构计算负荷。

节能性设计——主厂房一层占地建筑面积大，局部主跨大，屋面结构高度高。室内照度为了满足工业使用的要求，屋面采用条形采光带，侧面大面积的开竖向窗等天然采光方式^[3]。尽可能地使用自然光，提高厂房室内的照度，减轻全厂的运行照明负荷。自然光的利用为建筑外立面增添了明快的气氛，是最环保的技术手段，也将高大厂房空间的体量虚化，避免大体量厂房空间上

对人的压迫。

主厂房垃圾焚烧功能区、汽轮发电机房区和烟气处理功能区在生产过程中，会产生巨大的热能，设计关键在于能否及时的排出大量热能，保障主厂房内生产环境的安全性。通过厂房侧面的大面积高侧窗设计以及屋顶成组带状的通风天窗的设计，加大通风透风量，将山谷的低温空气引入，和屋面的通风口造成自然对流，以次来解决散热的问题。

因厂区地处鄂西，夏热冬冷。根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021的要求，主厂房的控制室、办公室等经常停留人的用房依照公共建筑的节能要求，墙体做了岩棉板外保温。同时也要考虑夏季屋面的隔热性，整体主厂房的双层压型钢板金属屋面保温材料采用采80mm厚超细离心玻璃丝棉毡，普通现浇混凝土屋面采用60厚的挤塑聚苯板保温层。以上节能措施能维持主厂房室内空间的热稳定性，有效的降低了厂房的供热供冷耗电量。

节材性设计——由于项目投资额的限制，主厂房的土建费用有限，在有限的投资下，厂房设计造型倾向于简洁性的建筑语言，设计中去掉不必要的装饰构件。根据主厂房内大型设备的净高需求反推屋面的最低结构高度，形成了原始功能性的空间剖面（图4）。

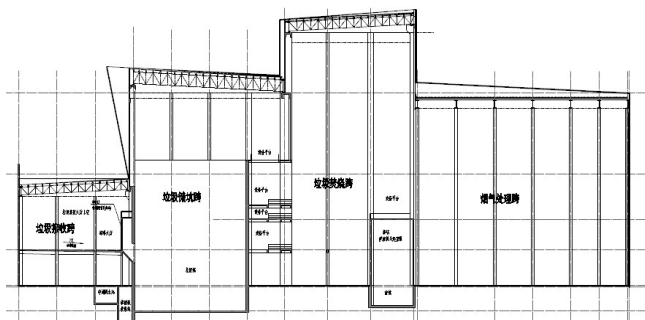


图4 焚烧主厂房大空间剖面示意

通过控制建筑高度，节约了建筑材料。根据结构的跨度需求，主体大跨部分选用了钢结构桁架，相比混凝土结构，自重更亲，梁下净空更高，反而节约了工程造价。墙体距地24m以上，采用双层压型金属板复合保温外墙，保温隔热层采用50mm厚（附玻纤及聚酯线增强防潮贴面）超细离心玻璃丝棉毡。金属外墙从整体上降低了结构外围护的结构自重，降低了整体的结构荷载，节约了材料。

空间气密性设计——室外垃圾车通过架空栈桥，进入二层垃圾接受跨区域，垃圾通过卸料大厅卸料口后进入垃圾贮坑跨，由垃圾吊抓起转入垃圾焚烧炉焚烧。从运输到处理，这几处区域是厂区内最易散发臭气的位置，这些部位通往其他防火分区均采用隔臭间过渡处理，包括垃圾卸料大厅及附属焚烧设备，也是需要进行密闭处理的关键位置。垃圾池上空和周边结构围合构件部分也用高等级气密性的幕墙密封处理。所有变形缝交接的部位，也进行了柔性封堵。厂房屋顶的钢架结构或

钢桁架结构密闭性相对较差，可采用耐候密封橡胶来处理缝隙。建筑室内安装抽风机除臭机，负压抽送臭气处理。这些有效的处理，能控制污染物的外泄对主厂房外环境的破坏。

防水防腐防渗设计——国内城市生活垃圾普遍存在餐厨混杂，热值偏低含水率高的情况。根据目前行业的运行经验，在稳定运行的情况下，垃圾池的有效容积一般为日垃圾处理量的5倍左右。垃圾混合物在垃圾池内储存一定的时间，起到了导出垃圾渗沥液的作用。同时也提高了入炉垃圾热值，起到关键的作用。垃圾池内环境恶劣，有腐蚀性强的渗沥液、发酵产生的有毒气体以及微生物；运作过程中可能会遭受到机械爪的撞击等。如果在运行期间发现垃圾池因腐蚀、损坏等损毁，就必须停止全厂主要设备运行对垃圾池进行维修改造，这样会造成严重的经济损失。所以，垃圾池内防腐是保障垃圾发电厂能够正常运行的关键。

设计构造中采用P8级钢筋混凝土结构层（抗渗防水底板），多层敷设环氧玻璃鳞片和外壁100厚C35细石混凝土浇筑保护层处理，保护垃圾池主体结构。垃圾坑的四壁维护结构及底板用添加剂增强混凝土的抗渗能力，还在外侧及底板垫层部位增加高分子卷材及涂膜防水层。垃圾坑底设排水沟，将坑内渗沥水排到渗沥收集池，由渗沥液泵间泵送至主厂房外部的污水处理设施。

消防疏散建筑设计——本工程执行规范：《建筑设计防火规范》GB-50016-2014（2018年版）；《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》CJJ90-2009；《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229-2019。本厂房整体火灾危险性为丁类，其中焚烧厂房的垃圾坑及卸料大厅、柴油发电机房、中控楼的发电机房及电缆夹层按丙类等级设防。建筑耐火等级：二级。所有楼梯间均为封闭楼梯间，疏散楼梯数量满足防火规范要求。热力及设备等专业管道穿防火墙需按规范设置防火阀等措施。

结束语

随着国家要求发达地区县级地区基本实现生活垃圾焚烧处理能力全覆盖。垃圾处理工程在我国得到越来越多的实施，为了推进生活垃圾的减量化、资源化和无害化，必须对垃圾焚烧产生的“三废”进行必要的处理。垃圾焚烧厂具有空间结构跨度大，主体建筑体量大，在建筑设计中如何利用这个优势，将其打造成一个高科技的现代工业建筑，使之成为青少年环保教育宣传、科研机构研发的实践基地、科普教育基地。从而提高公众环保意识，增强群众保护环境的积极性，让群众更加支持国家环保工程的事业，助力美丽兴山建设。

参考文献

- [1] 生活垃圾焚烧处理工程技术规范：CJJ 90-2009[S]. 2009.
- [2] 董红霞，赵天，朱颖秋. 某工业建筑绿色节能减碳措施分析[J]. 新型建筑材料，2022，49（8）：10-13.
- [3] 徐以. 北京南宫生活垃圾焚烧厂的建筑设计[J]. 工业建筑，2014，（05）：25-26.