

垃圾焚烧发电厂立面设计浅析

——以德阳垃圾焚烧发电厂为例

李捷[✉], 李育军

(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)

摘要: [目的] 垃圾焚烧发电厂在国内, 已经成为垃圾处理的主流, 公众与社会对其关注越来越多。除了通过社会宣传教育、行政手段、技术措施等解决垃圾焚烧发电厂问题外, 良好的外部形象——立面设计是拉近垃圾焚烧发电厂与公众间距离、淡化两者矛盾的有效方式之一。[方法] 以德阳垃圾焚烧发电厂为例, 在设计过程中对影响立面元素进行分析、整合、运用, 构建出亲切宜人的建筑物形象。[结果] 文章在功能、风格、比例、细部装饰、色彩、材质和窗户方面进行了详细的分析和比较。[结论] 通过德阳垃圾焚烧发电厂的立面设计, 展现邻避设施自身特点, 赋予建筑立面更多的“亲和力”元素, 使其在工业化和公共化之间取得平衡。

关键词: 垃圾焚烧发电厂; 外观; 德阳垃圾焚烧发电厂; 功能; 立面; 亲和力

中图分类号: TM611; TU271.1 文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)S2-0031-07

开放科学(资源服务)二维码:



Analysis of Facade Design of Waste Incineration Power Plant——Take Deyang Waste Incineration Power Plant for an Example

LI Jie[✉], LI Yujun

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

Abstract: [Introduction] In China, waste incineration power plant becomes the mainstream of garbage treatment, and the public and society pay more and more attention to it. In addition to solving the problem of waste incineration power plant through social publicity and education, administrative means and technical measures, a good external image – facade design is one of the effective ways to shorten the distance between waste incineration power plants and the public and dilute the contradiction between them. [Method] Taking Deyang waste incineration power plant as an example, in the design process, the elements affecting the facade were analyzed, integrated and applied to build a friendly and pleasant building image. [Result] The article carries on the detailed analysis and comparison in function, style, proportion, decoration, color, material and window. [Conclusion] Through the facade design of Deyang waste incineration power plant, the characteristics of NIMBY facilities are displayed, more “affinity” elements are given to the building facade, so as to achieve a balance industrialization and publicity.

Key words: waste incineration power plant; exterior; Deyang waste incineration power plant; function; facade; affinity

2095-8676 © 2022 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/>).

1 垃圾焚烧发电厂的起源和发展前景

自近代产业革命以来, 人口急剧膨胀、城镇用地急速扩张、密集的生存空间导致生产、生活垃圾迅

速增长, 人们对垃圾的认识和处理方式在不断地提升, 从一开始的填埋、堆肥到后来的焚烧发电, 不仅是技术里程的更迭创新, 也是全球日益严峻的生态环境所提出的诉求。

收稿日期: 2022-03-07 修回日期: 2022-05-05

基金项目: 中国能建广东院科技项目“燃机电厂建筑环境与景观、噪声治理研究”(ER04861W)

我国垃圾发电产业的起步晚于欧美国家,第一个垃圾焚烧发电厂于1987年投运^[1]。随着垃圾焚烧发电的社会效益和经济效益日趋明显,在随后的十几年中,垃圾焚烧发电厂进入了高速发展模式,如雨后春笋般地遍布在我国多个城市中。

在过去的“十三五”中,全国的焚烧处理设施占比已经从2015年的31%上升到2020年的54%^[2];在这五年期间,全国共建成生活垃圾焚烧厂254座,累计在运行生活垃圾焚烧厂超过500座,初步形成以焚烧为主的垃圾处理发展格局^[3]。

2 垃圾焚烧发电厂的尴尬地位

虽然,垃圾焚烧处理有着垃圾减容减量等诸多优点,但是,它也是一种对周边环境或地区产生诸如空气污染、环境污染、生命健康等负外部性效应的邻避设施^[4]。

垃圾焚烧发电厂是构建城市稳健发展并为公众所共享的公共设施,但由于存在诸多社会层面的问题,如政府信息公开不及时、政府补偿机制不健全、公众的参与度与回应性不充分、权益诉求机制不完善、社会宣传教育工作不到位等,极易引发公众高度敏感的抵触情绪。因此,垃圾焚烧发电厂的起建总是伴随着“一建就闹,一闹就停”磕磕碰碰的困境。如2009年广州番禺垃圾焚烧发电厂遭遇市民声势浩大的反对而被搁置;杭州九峰垃圾焚烧发电厂历经长时间的多重波折才得以建成运营。这些都体现了我国垃圾焚烧发电厂发展的尴尬地位。而且,其所引发的邻避效应^[5]也成为了影响环境治理绩效的主要因素之一。

3 外部形象是拉近公众与垃圾焚烧发电厂关系的有效手段

技术问题需要专业技术人员解决,社会性问题需要社会学专家研究解决,而打消人们疑虑,缓解人们对垃圾焚烧发电厂的抵触情绪,最有效的方式是其外部形象的亲和力。

外部形象,主要是指建筑的面。黎辛斯基提出:“作为一个设计要素,室外墙面可以很明确地看作是建筑物的正面或主要立面^[6]。”良好的外部形象,是指适宜的建筑立面设计。建筑物立面是建筑物向外界传递信息的一张名片,是室内与室外相互界定的

皮层,是人们视线所触的边界。当我们看着建筑时,我们实际看到的只是建筑物的皮层。让人留下第一印象的永远是表面的皮层^[7]。因此,作为对外示好的方式,以及企业形象的树立,建筑立面是最好的展示平台和大型宣传广告。科技的发展和材料的更新换代,又促使垃圾焚烧发电厂的外立面表皮多元化,告别了以往单一、呆板的工业建筑形象,使其成为联系民众与企业、民众与政府的桥梁。

另外,地理位置决定了良好的外观形象可以更好地与城市环境融合。垃圾焚烧发电厂的选址需要考虑服务区域、转运距离、运输距离等因素^[8],一般距离城市不会过远,大多数会设在城市边郊区域,对城市整体格局、沿街立面及周边环境影响较大。因此,垃圾焚烧发电厂的立面设计不同于常规发电厂,它需要更多地考虑地域、环境及城市文脉等元素,立面设计成为垃圾电厂设计的重中之重。

4 德阳垃圾焚烧发电厂的外观设计

4.1 发电厂概况

德阳垃圾焚烧发电厂位于四川省德阳市旌阳区,距离市区4.1 km,并临近该市的固体废弃物处置场,场地周边多为林地,地理位置如图1所示。新建项目日处理规模1 000 t,配置2条焚烧线,以及2台12 MW的汽轮发电机组。



图1 德阳焚烧垃圾电厂地理位置

Fig. 1 Location of Deyang waste incineration power

垃圾焚烧发电厂的工艺流程分为4个大的系统部分:垃圾贮运及前处理系统、垃圾焚烧系统、热力

发电系统和污染排放物处理系统^[9]。这 4 个系统的组合构成了主厂房的功能布局, 根据物料运输流程及垃圾处理过程细分为: 垃圾运输车(引桥)—卸料区—垃圾区—焚烧区—烟气净化区—汽机房—烟囱, 办公区(集控楼)及 GIS 区根据出线方向和实际情况进行布局。

德阳垃圾焚烧发电厂遵循上述流线, 由两条主线构成: 一条为垃圾处理线, 由卸料区、垃圾区、焚烧区、烟气净化区、烟囱依次排列构成; 另一条为辅助线, 由集控楼、汽机房和 GIS 楼依次布置构成; 两条主线平行。

4.2 外立面形式及风格

垃圾焚烧发电厂外立面设计通常分为两种形式: 一种是分散式, 利用厂房各功能体型要求的不同, 形成多个块体拼合的组合方式; 另一种是统一式, 利用大的框架将各功能区域“包裹”于其中, 形成一个统一、完整的型体。

前一种是目前采用较多的设计形式, 如广州市李坑生活垃圾焚烧发电二厂、宁波市鄞州区生活垃圾焚烧发电厂、宿州市生活垃圾焚烧发电厂等。其优点主要是依据原有体型、结构体系进行立面设计, 按常规布局即可满足规范要求, 且造价可控。

后一种方式通常是在原有建筑体型上再设计多一层外皮, 或局部采用原有结构, 与新结构体系构成一体。这种方式结构复杂, 占用场地面积较多, 并且需要考虑各种措施解决消防疏散、排烟、防火分区等问题, 且造价高; 但是, 电厂外观立面酷炫、吸引眼球, 容易取得统一的外观效果, 如深圳宝安区老虎坑垃圾焚烧发电厂三期、深圳东部垃圾焚烧发电厂等。

德阳垃圾焚烧发电厂因地域环境、用地紧张、造价控制等因素, 外立面设计形式采用的是利用原型体拼合的分散式组合方式, 电厂周边环境如图 2 所示。



图 2 德阳垃圾焚烧发电厂周边环境

Fig. 2 Surrounding environment of Deyang waste incineration power plant

在设计风格的选择上, 因业主的企业文化诉求已明确为古堡式风格, 结合垃圾电厂立面分散式的组合方式, 简约的新古典主义风格更为贴近实际需求, 既能在可控的经济造价范围内实现, 又能通过人们熟悉的元素, 拉近与人们生活的距离, 增加建筑物的亲和力。

4.3 功能对外观的影响

主厂房内部各个功能区块对空间和物理环境的不同需求直接反映在建筑外立面上: 卸料区、垃圾区、焚烧区和烟气净化区由于进出车辆或放置大型设备, 需采用大跨度、高空间; 集控楼为常用办公、控制中心等功能, 采用常规跨度及高度的偏民用空间; 汽机房和 GIS 楼则介于两者之间。在立面上, 刚好顺应两条主线(垃圾处理线和辅助线)形成两个落差较大的高度区, 构成明显的前后排关系, 前低后高。

即使在同一条主线上, 也会产生高度差, 后排利用高度差形成较为居中的对称形式, 前排则消化高度差, 统一整体。同时, 利用经典的三段式分割手法, 在建筑立面上反复运用, 化大为小。

在建筑立面水平向上, 利用后排垃圾区、焚烧区、烟气净化区之间的高度差, 将立面划分为以焚烧间为制高点, 两侧稍低的, 形成近于对称的立面形象。焚烧间立面则进一步细分为三段: 以中间凸出的假门头为轴线向两侧铺开, 形成对称图形。前排的集控楼通过入口处突出的欧式门楼, 将立面一分为三。

在建筑立面垂直向上, 焚烧区假门头立面上的三角形门头、弧形窗体、线脚密集的欧式阳台, 以舒适的比例将其划分成三段; 卸料平台、汽机房及 GIS 楼通过窗体比例、勒脚线、拱形线条等再现此种分割方式。集控楼的欧式门楼则通过高低、疏密、曲直等对比方式, 在水平和垂直向上做了经典的三段式分割。这种划分手法有效地将大体量的主厂房化成尺度宜人的型体, 增加了外立面的“亲和力”。

4.4 细部装饰

新古典主义装饰主要特点: 一是艳丽而丰富的色彩; 二是把古典元素抽象化为符号, 在建筑中, 既作为装饰, 又起到隐喻的效果; 三是粗与细, 雅与俗的对比^[10]。

结合到德阳垃圾焚烧厂立面设计中, 将简化的古典元素、简与繁、粗与细的对比细致地表现出来。弧形窗框、弧形窗体、拱形线脚、凸出墙面的隐喻式

柱子、柱础、檐口线、竖向栏杆、城堡石等古典元素的应用,使得整个厂房的立面更加丰满、和谐,如:焚烧间假门头的弧形窗体和两侧长方形窗体的对比,焚烧间密集、小尺寸窗体与两侧疏朗、大尺寸窗体的对比,欧式阳台复杂线脚和两侧窗台简单线脚的对比等。整个立面从中部到两侧,从繁到简,从细到粗,有韵律的减少“笔墨”,为整个画面带来赏心悦目的视觉舒适感。

前排(辅助线)既是人员参观及厂区景观的视觉焦点,也是企业的门面。作为参观主入口和人流集中的所在地,偏于一侧的集控楼立面需要“浓墨重笔”的进行处理。经典的三段式、中轴对称、主次分明地将主入口突显出来,简化的古典元素——欧式门楼既是遮风挡雨的雨棚,也是引导人们走向的指路牌,更是形象展示的窗口。汽机房和 GIS 楼延续了后部背景的元素,利用横向线脚统一三个不同高度的建筑型体,使得整体感观齐整有序,集控楼欧式门楼如图 3 所示。



图 3 集控楼欧式门楼

Fig. 3 European-style storm porch of central control building

后排(垃圾处理线)是城市视角最易触及到的焦点,同时,也是衬托前排建筑物的背景。因此,后排的细部处理比前排更为简洁、明快,同时细部尺寸比例比前排稍大,既符合城市空间的视觉距离需求,又符合主厂房整体的空间比例,并为前排的建筑物形象提供简洁而不失韵味的风景画配景。

集控楼的交通核心塔和烟筒由于型体比例相似,它们的外立面采用了统一、简洁的处理方式,形成一低一高、首尾相接、遥相呼应的对话形式,进一步加强了主厂房立面的竖向元素。作为制高点的烟囱,

如高耸的瞭望塔般统领着整个主厂房,甚至整个厂区,细部更为简化、明快,利用勾边的方式进行分隔和强调,细部处理如图 4 所示。



图 4 细部处理

Fig. 4 Detail processing

前后排在体量、高度、比例上相互比对、映衬,在“浓墨重彩”和“轻描淡写”间来回切换,它们共同构成了主厂房的外立面造型,形成高低错落、连绵起伏、凹凸有致的新古典主义形象,并在相互间取得了一种微妙的平衡,以更为平易近人的形象展示于人前。

4.5 立面色彩

建筑立面色彩与建筑整体设计密不可分,与建筑材料相辅相成。色彩相较于型体,更能向外界表达一种情绪或感觉,搭配上建筑材料,给人们在视觉、触觉上带来不同的感观:粗糙、光滑、软硬、色泽、纹理……因此,将建筑立面色彩与建筑整体设计进行有机结合,强化建筑的空间环境感染力和视觉表现力^[11]。

色彩也是统一建筑群体、主导区域环境和谐的有效手法。大到城市色彩规划,小到建构筑物,即使形态不一,通过统一的色彩规划,能有效地规整区域风貌,形成清晰的色彩秩序,塑造城市或区域形象。

在德阳垃圾焚烧发电厂上,色彩的选择还需考虑抗污性能:一是周围环境内有害物质对墙体的腐蚀性;二是垃圾运输所带来的污染物;三是建筑物长期使用后带来的污浊。因此,在色彩的选用上前后做了几次调整,如无彩色系(由黑、白、灰三色组成^[12])、浅黄色为主调的灰白系、陶红色为主调的灰色系等。这些色系有些因色彩明度低而降低建筑物的视觉冲击力,有些因颜色浅而抗污性能差不利于建筑外观长期护理……通过对比,最终选择了陶红色为主调的白色系,方案色彩比选如图 5 所示。



图 5 方案色彩比选(从左到右,无彩色系、浅黄色主调、陶红色主调的灰色系、陶红色主调的白色系)

Fig. 5 Color comparison of the project

(from left to right, colorless, light yellow main tone, pottery red main tone with gray, pottery red main tone with white)

陶红色鲜明,白色亮丽;陶红色满铺,赋予建筑物活力,白色勾边,勾勒出建筑轮廓;白色还是重点部位的点缀色。暖色调的陶红色、中性调的白色、冷色调的灰蓝色(镀膜玻璃),通过白色竖列的分割,或白色横向的统一,使得建筑物层次丰富、生动,不仅强化立面的整体风格,还有助于提高建筑物的抗污性。

远处,层峦叠嶂的山体,郁郁葱葱的林木;近处,红底白边的建筑群,即凸显自己的性格特色,又与周边生机盎然的自然环境融合,向外界树立起和谐、亲近、宜人的企业形象,成为一张亮眼的名片。

4.6 立面材质

材质是建筑立面不可或缺的元素,作为建筑表皮,是塑造建筑型体的物质基础。建筑材质带给人们触觉、视觉等感官上的刺激,其自身的各种属性所呈现出来的某种情感特征形成了材质的性格特点^[13],不同的材质具有不同的艺术表现力,从而使建筑外立面设计日趋个性化。

德阳垃圾焚烧发电厂的结构体系是钢筋混凝土框架结构,外立面墙体材料不同于常规垃圾焚烧厂,选用的是混凝土加气块,这是厂房自身降噪需求和经济造价综合考虑的结果。在外立面材料选择上,考虑到内部存在多种震动设备对外立面的影响,主要采用的是涂漆类,选取了触觉稍显粗糙的真石漆作为主材料,即降低光线下材质的反光度,又增加纹理的厚重感,还能贴合新古典主义风格的特征。在重点部位和局部采用大理石石材幕墙及 GRC 成品,如,集控楼欧式门楼采用了带有麻石粗糙纹理的石材幕墙,窗框上的城堡石采用了同纹理的 GRC 成品。

在材质比例处理上,不同部位采用不同尺度的仿瓷砖样式切割,如柱面采用大尺度的切割线,窗间

墙采用小尺度的分割。在材质对比处理上,繁复的装饰部位,如半圆形拱券、横向线脚、窗台线脚等等,都是采用 GRC 成品进行点缀装饰,即能很好地融合立面风格,又能节省施工制作的时间。

粗糙厚重的大理石干挂幕墙体系,凹凸起伏的陶红色、白色真石漆,光滑的灰蓝色金属栏杆、灰蓝色镀膜玻璃等等,通过这些材料、色彩、构件、比例等元素,借助自然光线,烘托出新古典主义建筑氛围,这些要素是共同存在、相互作用的,不能把某个要素去掉或把某个要素独立出来。只有各个要素相互协调,才能共同营造出和谐的建筑氛围^[14],使建筑物外立面变得丰富多彩,更为贴近人们意识中的建筑形象,缩短建筑与人的距离。

4.7 立面窗户

人们常说“眼睛是人类心灵的窗户”,而窗户作为建筑室内外交流的界面,是建筑物的“心灵眼睛”。建筑本质是一个用以抵御恶劣自然环境的遮蔽所,但同时却阻隔了所需要的风、光以及人们与自然的交融,窗户的产生是解决这一矛盾的钥匙^[15]。

窗户不仅可以通风、采光、观景,还是建筑外观造型的元素之一。德阳垃圾焚烧发电厂的窗户主要采用的是长方形和半圆形窗户两种形式,配合主次呼应的处理手法,不同部位采用不同型体的窗户形式,如假门头和欧式门楼采用了半圆形窗户,垃圾区、烟气处理区、汽机房等采用了长方形窗户。封闭的砖墙围护结构使得厂房形象过于厚重,而窗户与墙体的比例(虚实对比)和韵律感,增加了建筑的轻盈度,搭配上其他细部构造,增强了建筑物的层次感和立体感。

对于一些采光质量有较高要求的大空间,且需兼顾节能、日后维护更换等问题,除了屋面天窗外,也在立面相应的高度上开高窗或长条形窗户,如垃

圾区上部的固定窗,既能呼应外立面造型,又能使整个空间敞亮、明快,弥补空间进深大带来采光不足的

缺憾,同时降低对人工光源的依赖,减少建筑物的能耗。德阳垃圾焚烧发电厂建成后如图6所示。



图6 德阳垃圾焚烧发电厂建成

Fig. 6 Completion of Deyang waste incineration power plant

5 结论

德阳垃圾焚烧发电厂的设计是建立在工业建筑的功能逻辑基础上,富于亲和力的外立面设计弱化了垃圾发电厂的工业化特点,使其更为贴近人们熟悉的建筑符号,拉近工业建筑与公共建筑,垃圾焚烧与社会公众的距离。通过积极正面的形象,直观地向外界展示,并担负起科普教育和宣传的责任,也为员工和公众提供健康便利的场所。

虽然,该项目在过程中尚留有遗憾,但基本达到原有的设计意图和效果,同时也得到了业主和业界的认可。希望通过这次建筑语言的运用,展现市政设施的自身特点,赋予建筑抽象之美,在“工业化”和“公共化”之间取得平衡^[16]。

参考文献:

- [1] 颜亮亮. 浅谈我国垃圾发电存在的问题及对策 [J]. *化学工程与装备*, 2011(4): 125-127. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0735.2011.04.047.
- YAN L L. Problems and countermeasures of waste power generation in China [J]. *Chemical Engineering & Equipment*, 2011(4): 125-127. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0735.2011.04.047.
- [2] 国家发展改革委. “十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设

施建设规划 [R]. 北京: 国家发展改革委, 住房和城乡建设部, 2016.

National Development and Reform Commission. The 13th five-year national urban waste harmless treatment facilities construction plan [R]. Beijing: National Development and Reform Commission, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, 2016.

- [3] 国家发展改革委. “十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划(发改环资[2021]642号) [R]. 北京: 国家发展改革委, 住房和城乡建设部, 2021.

National Development and Reform Commission. The 14th five-year urban domestic waste classification and treatment facilities development plan [R]. Beijing: National Development and Reform Commission, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, 2021.

- [4] 郑卫. 我国邻避设施规划公众参与困境研究——以北京六里屯垃圾焚烧发电厂规划为例 [J]. *城市规划*, 2013, 37(8): 66-71+78.

ZHENG W. Predicament of public participation in the planning of NIMBY facilities in China: a case study on planning of garbage incineration power plant in Liulitun, Beijing [J]. *City Planning Review*, 2013, 37(8): 66-71+78.

- [5] 刘梦嘉, 宋晔皓. 浅析公园式污水处理厂对缓解邻避效应的作用——以成都市天府新区为例 [J]. *当代建筑*, 2020(5): 134-137.

LIU M J, SONG Y H. Analysis on alleviation function of park-

- type sewage treatment plants to not-in-my-back-yard: take Tianfu new district of Chengdu as example [J]. *Contemporary Architecture*, 2020(5): 134-137.
- [6] 黎辛斯基. 读建筑: 从柯比意到安藤忠雄, 百大案例看懂建筑的十大门道 [M]. 黄煜文, 译. 台北: 猫头鹰出版社, 2016: 162. RYBCZYNSKI W. How architecture works: a humanist's toolkit [M]. HUANG Y W, Trans. Taipei, China: Owls Press, 2016: 162.
- [7] 程大锦. 建筑: 形式、空间和秩序(2版) [M]. 刘丛红, 译. 天津: 天津大学出版社, 2005: 22. CHING F D K. Architecture: form, space and order (2nd ed.) [M]. LIU C H, Trans. Tianjin: Tianjin University Press, 2005: 22.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 生活垃圾焚烧处理工程技术规范: CJJ 90—2009 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical code for projects of municipal waste incineration: CJJ90—2009 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
- [9] 秦渊, 陈昕, 李勇. 垃圾焚烧电厂主厂房布置优化 [J]. *能源与环境*, 2013(3): 50-52+57. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9064.2013.03.023. QIN Y, CHEN X, LI Y. Layout optimization of main power house of waste incineration power plant [J]. *Energy and Environment*, 2013(3): 50-52+57. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9064.2013.03.023.
- [10] 万书元. 新古典主义建筑论 [J]. *东南大学学报(社会科学版)*, 1999, 1(4): 55-59. DOI: 10.13916/j.cnki.issn1671-511x.1999.04.010. WAN S Y. Theory of Neo-classical architecture [J]. *Journal of Southeast University (Social Science Edition)*, 1999, 1(4): 55-59. DOI: 10.13916/j.cnki.issn1671-511x.1999.04.010.
- [11] 董峻岩, 李克超, 邢越男, 等. 建筑立面色彩设计应用原则探析 [J]. *智能城市*, 2016, 2(10): 105. DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2016.10.093. DONG J Y, LI K C, XING Y N, et al. The application principles of architectural facade color design [J]. *Intelligent City*, 2016, 2(10): 105. DOI: 10.19301/j.cnki.zncs.2016.10.093.
- [12] 郭晓君, 康博. 白色在建筑立面色彩设计中的应用 [J]. *建筑技术研究*, 2020, 3(3): 51-52. DOI: 10.32629/btr.v3i3.2986. GUO X J, KANG B. Application of white in color design of building facade [J]. *Building Technology Research*, 2020, 3(3): 51-52. DOI: 10.32629/btr.v3i3.2986.
- [13] 刘聪, 蒋涤非. 建筑设计中常用材料的性格属性分析 [J]. *中外建筑*, 2020(1): 156-158. LIU C, JIANG D F. Analysis of the character attribute of the common materials in architectural design [J]. *Chinese & Overseas Architecture*, 2020(1): 156-158.
- [14] 宋静文. 建筑氛围的营造手法探究 [J]. *中外建筑*, 2019(6): 48-50. SONG J W. Research on techniques in the creation of architectural atmosphere [J]. *Chinese & Overseas Architecture*, 2019(6): 48-50.
- [15] 李保峰, 譙华芬. 窗户的革命 [J]. *建筑学报*, 2003(8): 38-40. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1399.2003.08.010. LI B F, QIAO H F. Window's revolution [J]. *Architectural Journal*, 2003(8): 38-40. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1399.2003.08.010.
- [16] 张音玄, 李兴钢, 梁旭. 走向公共的市政设施——北京市朝阳区生活垃圾综合处理厂焚烧中心 [J]. *建筑学报*, 2019(5): 64-71. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1399.2019.05.009. ZHANG Y X, LI X G, LIANG X. Infrastructure accessible to the public on the incineration center of domestic waste comprehensive treatment plant at Chaoyang district, Beijing [J]. *Architectural Journal*, 2019(5): 64-71. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1399.2019.05.009.

作者简介:



李捷

李捷(第一作者, 通信作者)

1981-, 女, 广东广州人, 高级工程师, 一级注册建筑师, 建筑学硕士, 主要从事工业建筑与民用建筑设计工作(e-mail)lijie2@gedi.com.cn。



李育军

李育军

1977-, 男, 湖南衡阳人, 一级注册建筑师, 西安建筑科技大学建筑学学士, 主要从事发电和电网工程类建筑设计(e-mail)liyujun@gedi.com.cn。

(编辑 孙舒)