

零碳智造园区工业建筑设计要点分析

李 轲

中国电子系统工程第二建设有限公司 江苏 无锡 214000

【摘 要】：零碳智造园区是绿色低碳转型跟智能制造升级深度融合的关键载体，其工业建筑设计不但要满足生产、仓储、物流、运维需求，同时还得兼顾能源自平衡、碳排放控制、智慧管理、空间弹性。本文围绕零碳智造园区工业建筑的设计逻辑，剖析其在总体规划、空间组织、节能技术、绿色材料、智慧运维、低碳管理等方面的关键要点，给出以全生命周期为导向的设计思路，期望能为工业园区绿色化、智能化、高质量建设给予参考。

【关键词】：零碳园区；智造园区；工业建筑；绿色设计；智慧运维

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.049

引言

在“双碳”目标推进、制造业转型升级背景下，工业园区功能定位深刻转变。传统园区侧重生产、仓储等基础功能，如今零碳智造园区更重能源高效利用、资源循环共享等，成为集多种功能于一体的综合性平台。它注重全流程把控碳排放，借智能化技术提升生产与运维水平。工业建筑作为园区关键载体，其多方面设计直接影响园区能耗、效率等。因此，系统分析零碳智造园区工业建筑设计要点，对推动其绿色、智能、低碳发展意义重大。

1 零碳智造园区工业建筑设计的基本逻辑

1.1 零碳目标与工业生产功能融合

零碳智造园区的工业建筑设计，不能脱离生产功能单纯去谈低碳，也不可仅追求节能指标而忽略工艺运行需求。工业建筑是为生产活动服务的，其内部常常涉及设备布置、物料流转、温湿度控制、动力供应、废气排放、安全防护等方面内容。要是低碳策略与工艺流程相互冲突，那么在建筑运行阶段反倒会产生新的能耗。在设计阶段，应把碳排放控制目标提前放置到建筑布局、结构选型、能源系统、设备配置之中，将生产效率与低碳目标一同加以考虑。举个例子，高耗能生产区可以和余热利用系统、光伏发电系统、能源监测平台协同进行设计，对于洁净度、恒温恒湿要求较高的厂房，应该借助围护结构性能、分区空调、智能控制来降低无效能耗。零碳设计的重点并非在于堆砌技术，而是在于建立生产功能、能源利用、碳排放管理之间的平衡关系。

1.2 智能制造工艺对空间组织的要求

智造园区的生产方式一般有着自动化程度较高、设备更新速度较快、物流节奏比较紧凑、数据协同性较强等特性，这就使得工业建筑需要拥有更高的空间

适应能力。厂房平面设计要依据生产线流程、机器人作业半径、智能仓储系统、AGV 运输路径、人员检修通道来进行综合组织，以此减少物料的迂回、交叉干扰。建筑层高、柱网、荷载、管线综合还有设备基础都应后续工艺调整留出一定余地，防止因生产升级频繁改造而造成资源浪费。对于多品种、小批量、柔性制造类园区而言，建筑空间应具备模块化组合能力，以便生产区、检测区、包装区、仓储区、研发办公区能够依据业务变化灵活调整。空间组织越契合智能制造逻辑，建筑运行效率就越高，单位产品能耗和管理成本也就更容易得到控制。

1.3 全生命周期视角下的设计价值

零碳智造园区里工业建筑的低碳成效，不能仅仅着眼于建成之时的节能指标，还需要关注从设计一直到运行、维护、更新的整个过程。工业建筑因为使用周期比较长，而且设备系统复杂，如果在前期只是一味追求建设成本最低的话，那么在后期运行过程中可能会付出更高的能耗、维护成本。全生命周期设计需要在方案阶段对建筑材料碳排放、施工方式、运行能耗、设备寿命、维护便利性、未来改造可能性等进行综合评估。像屋面光伏承载条件、机电管井检修空间、生产线更新通道、设备平台安全维护、可回收材料使用等方面，都应该被纳入早期设计判断之中。借助全生命周期的视角，能够避免低碳措施仅仅停留在局部技术应用方面，从而让建筑从建设完成之后走向长期稳定、经济且低碳的运行状态。

2 园区总体规划与工业建筑空间布局要点

2.1 能源系统与建筑群组织协同

零碳智造园区的总体规划需要围绕着能源效率、空间效率来进行。工业建筑不适合孤立进行布置，而是要与能源站、储能设施、光伏系统、冷热源系统、

综合管廊还有污水处理设施构成整体协同。建筑的朝向、体量、屋面形式、间距会对光伏布置、自然通风、日照条件、热环境品质产生影响，在规划阶段应当进行统筹考虑。对于屋面面积比较大的标准厂房，可以结合结构荷载、防水构造预留光伏安装条件，对于能耗密集型建筑，能够靠近能源中心布置，从而减少管网输送损耗。建筑群之间也应该形成合理的风环境、微气候，借助绿化、水体、透水铺装、遮阳设施来降低热岛效应。园区规划要是越早和能源系统实现联动，后期零碳运行的基础就会越稳固。

2.2 生产物流与人员安全流线清晰

在智造园区的工业建筑设计当中，物流、车流、人流、危险品流线的分离是必须要予以重视的方面。生产物流应当依照原材料进入、加工制造、成品检测、仓储发运等流程来进行展开，以此减少交叉、倒运、等待的情况出现。大型运输车辆、叉车、AGV、人员通行的空间要有明确的边界，防止因为流线混杂而带来安全隐患。对于多层工业建筑而言，货梯、坡道、卸货平台和垂直运输系统需要与生产节奏相互匹配，仅满足静态面积指标是不行的。人员流线要同时兼顾通勤、参观、研发办公、生活配套、紧急疏散的要求，让日常通行与生产安全不会相互干扰。清晰的流线组织不但能够提高生产效率，还能减少设备空转、物料重复搬运、现场管理损耗，进而间接降低园区运行的碳排放。

2.3 弹性生长与复合功能配置合理

零碳智造园区常常呈现出分期建设、持续更新的特性，基于此工业建筑设计需要充分将弹性生长纳入考量范围。园区内的道路、管网、能源接口、公共服务设施都应当预留出扩展条件，以此来防止后期扩建时出现大范围的拆改情况。厂房内部能够采用标准化柱网、可拆装隔墙、开放式管线布置、模块化机电接口等方式，进而提高空间转换的效率。研发办公、展示交流、员工服务、设备维护、智能控制中心等配套功能，需要与生产建筑保持合理的距离同时具备便捷的联系。复合功能并非单纯地增加办公和展示空间，而是借助生产、研发、测试、展示、培训、运维一体化的组织形式，来提高园区整体的运营效率。具备弹性与复合性的工业建筑，能够更加良好地适应产业变化，减少因重复建设所导致的资源浪费现象。

3 工业建筑本体节能与低碳技术应用要点

3.1 围护结构与被动式节能策略

工业建筑的规模较大、屋面具备广阔面积且外围

护的面积也很高，围护结构性能对建筑能耗有着直接影响。在设计时要依据不同生产区对于温湿度度的要求，合理判定外墙、屋面、门窗、采光带的保温隔热性能，防止冷热负荷过度。对于高大空间厂房而言，需重视屋面隔热、防结露、自然采光的设计，采用高反射屋面、保温屋面板、节能天窗、可控采光系统，降低白天照明能耗。门窗、物流门区域属于能量损失比较集中的地方，能够借助快速卷帘门、风幕、缓冲间、分区密闭措施来减少冷热空气交换。被动式节能策略还涵盖自然通风组织、遮阳设计、建筑朝向优化、热压排风利用等。合理的被动设计能够减少设备系统负担，是工业建筑达成低碳运行的重要基础。

3.2 可再生能源与高效设备系统结合

零碳智造园区的工业建筑需要积极运用可再生能源，不过其应用要与负荷特征、系统稳定性相结合。屋顶光伏是工业厂房比较合适的能源利用方法，能够和储能系统、充电设施、园区微电网共同进行设计，以此提高绿电在本地的消纳比例。对于有多余热量资源的生产环节，可以借助余热回收来供应生活热水、进行工艺预热或者用于冬季采暖，从而降低一次能源的消耗。暖通系统应该采用分区控制、变频调节、智能联动等方式，依据生产负荷、人员密度还有环境参数来动态调整运行状态。照明系统能够结合自然采光、智能感应控制，减少无人区域的照明浪费。高效设备系统的关键并非单台设备的能效，而是冷热源、输配系统、末端控制、能源监测、运维管理之间形成协同。

3.3 绿色建材与装配化建造降低隐含碳

工业建筑建设阶段所产生的碳排放同样不容被忽视。在设计过程当中应当优先去选用那些具备高耐久性、可回收利用、低污染、低碳排放特点的材料，以此来减少高消耗材料出现不必为了用的情况。钢结构、预制构件、装配式围护系统在工业建筑里有着比较好的适用性，它们能够提高施工效率，减少现场的湿作业、建筑垃圾的产生。材料的选择需要兼顾性能、成本、耐久性、维护方面的便利性，不能够仅仅只是追求低碳标签而忽略了工程的适用性。结构模式的设计同样也应当避免出现过度保守而造成材料浪费的现象，要通过合理地进行荷载取值、构件标准化、节点优化等方式来提高材料的利用效率。装配化建造还能够与 BIM 模型、构件编码、数字化施工管理相互结合，进而提高加工精度、现场的安装效率。降低隐含碳需要设计、采购、施工、运维等多个环节共同进行配合，如此才能够真正形成低碳建造的效果。

4 智慧运维与环境品质设计要点

4.1 数字化平台支撑能源精细管理

零碳智造园区的正常运转离不开智慧化的运行管理。在工业建筑进行设计时,需要预留好能耗计量、设备监测、环境感知、数据传输等方面的条件,把电力、燃气、冷热量、水耗、压缩空气、蒸汽还有生产设备能耗都归入到同一个平台之中。借助分项计量、实时监测,管理人员能够找出高能耗的环节,判断设备运行是不是偏离了合理的范围。能源管理平台还应当和生产计划、设备维护、碳排放核算相互联动,达成从“用了多少能量”到“为什么使用能量”这样的分析转变。要是在建筑设计阶段没有预留计量点位、数据接口,后续的智慧运维常常很难有进展。所以说,数字化平台不应该当作建成之后的附加系统,而应该成为工业建筑设计里的重要一部分。

4.2 室内环境品质服务生产与人员健康

工业建筑设计需兼顾能耗问题,同时还要保障生产环境、人员健康。不同的制造工艺对于温度、湿度、洁净度、噪声、照度还有空气品质有着不一样的要求,在设计过程中应当依据工艺的特征来实施分区控制。对于人员停留时间比较长的装配、检测、研发、办公区域,要改进自然采光、通风条件、热舒适水平,降低噪声干扰,提高空间使用品质。对于产生粉尘、挥发性气体、热量或者噪声的工艺区域,要借助局部排风、隔声构造、气流组织、污染物收集系统来减少扩散。良好环境品质能够提高员工工作效率、安全水平,还能减少因环境不适而产生的额外能耗。零碳设计并非意味着要牺牲舒适和生产条件,而是要在低能耗的基础之上达成更高质量的工业空间。

4.3 安全韧性与运维便利性同步考虑

智造园区的工业建筑一般设备比较密集且系统复杂,在设计的时候需要同时考虑安全韧性、运维便利这两个方面。像消防分区、防火间距、疏散路径、危险品储存、设备检修通道还有应急电源系统等,都应当和生产工艺相匹配。对于光伏、储能、充电桩、智能设备、自动化物流系统,要着重关注电气安全、消防安全、应急切断措施。运维便利性同样会对建筑长期的低碳表现产生影响,要是设备检修困难、管线标识不清楚、系统调试复杂,那么后期容易出现设备低效运行、维护滞后的情况。在设计阶段要为主要设备预留出检修空间、吊装通道,机电系统采用清晰分区、可视化管理的方式。只有具备安全韧性、维护友好性的工业建筑,才能够在长期运行过程中保持稳定、节能、可靠。

5 结语

零碳智造园区的工业建筑设计是个系统工程,它融合了产业功能、能源系统、绿色建造、智慧运维等多方面内容。设计人员不要把零碳目标单纯看作是单项节能技术的累加,也别将智造需求简单归结为设备自动化配置,而要从园区规划、建筑本体、能源协同、生产流程、运维管理等多个方面去做整体的统筹安排。经过优化空间布局、提高围护结构性能、运用可再生能源、推广绿色建材、完善数字化管理平台、保证室内环境品质,工业建筑在实现高效生产的同时,还能够降低能源消耗、碳排放。未来零碳智造园区的建设应当更注重全生命周期价值,让工业建筑切实成为绿色制造、高质量发展的空间支撑。

参考文献:

- [1] 钱振超.零碳建筑理念在工业厂房设计中的应用与实践[J].居舍,2026,(09):88-91.
- [2] 郭俊明,吴越.低碳工业建筑设计初探——以湖南文达阀门厂为例[J].中外建筑,2015,(11):103-104.
- [3] 吴玉春.浅谈绿色低碳技术在工业建筑设计的应用[J].低碳世界,2013,(20):36-37.
- [4] 史洋,孔震,张保瑞,等.零碳目标下园区自愿减排产品的选择[J].资源与产业,2025,27(05):109-122.
- [5] 刘佳.“双碳”背景下工业园区近零碳建设路径研究[D].吉林大学,2024.