

绿色建筑理念下食品加工厂建筑设计研究

王俊杰

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]食品加工厂是食品工业的主体生产场所,在保证食品生产安全和提高生产效率的同时,还存在着能源消耗大、卫生要求高、环境影响大等特点。绿色建筑理念的融入给解决这些问题赋予了系统的思路。文中首先对绿色建筑理念在食品加工厂设计中的必要性进行分析,然后从生产工艺和功能分区、食品卫生和室内环境控制、建筑空间和交通物流组织、能源消耗和资源利用四个方面对食品加工厂建筑设计的影响因素进行梳理,并在此基础上提出相应的绿色建筑策略,包括厂区布局优化、室内环境品质提升、空间与流线整合、节能节水与可再生能源利用等几个方面,为食品加工厂绿色化设计提供一定的参考。

[关键词]绿色建筑;食品加工厂;建筑设计;卫生环境控制;节能设计

DOI: 10.33142/aem.v8i7.20304

中图分类号: TU277.1

文献标识码: A

Research on the Architectural Design of Food Processing Plants under the Concept of Green Building

WANG Junjie

Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100069, China

Abstract: Food processing plants are the main production sites of the food industry. While ensuring food production safety and improving production efficiency, they also have characteristics such as high energy consumption, high hygiene requirements, and significant environmental impact. The integration of green building concepts provides a systematic approach to solving these problems. The article first analyzes the necessity of green building concept in the design of food processing plants, and then sorts out the influencing factors of food processing plant building design from four aspects: production process and functional zoning, food hygiene and indoor environment control, building space and transportation logistics organization, energy consumption and resource utilization. Based on this, corresponding green building design strategies are proposed, including optimization of plant layout, improvement of indoor environmental quality, integration of space and flow lines, energy and water conservation and renewable energy utilization, etc., providing certain references for green design of food processing plants.

Keywords: green building; food processing plants; architectural design; sanitary environment control; energy-saving design

引言

食品加工厂是食品工业的核心生产场所,它的建筑设计直接影响到食品安全、生产效率、环境影响这三个目标的达成。近些年来,“双碳”目标的推进以及绿色制造观念的深入,促使传统食品加工厂的设计朝着转型升级的方向发展。一方面食品加工过程对于温度、湿度、洁净度等环境参数有着严格的限制,另一方面工厂运营过程中大量的制冷、加热、通风等环节消耗了巨大的能源,碳排放问题十分严重。怎样在保证食品卫生安全的基础上实现建筑设计的绿色化,是目前食品工厂建设领域的重要问题。对标国家的“双碳”战略,确定食品工程节能、节水、污染

物排放强制性指标,统一废水、废气、固废处理设施建设标准,推动食品工程绿色低碳转型,已经成为行业的共识。本文从绿色建筑的理念出发,对食品加工厂建筑设计影响因素及应对策略进行系统的分析,为相关实践提供理论支持。

1 绿色建筑理念应用于食品加工厂设计的必要性

绿色建筑是指建筑全生命周期内节约资源、保护环境、减少污染,给人们创造健康高效的空间。将其应用于食品加工厂设计,必要性体现于四方面。一是食品安全上自然采光、通风、低挥发材料可以改善车间环境,减少微生物风险,厂房内部装修材料中的有害物质必须符合国家标准。二是食品加工厂能耗大,绿建设计通过优化围护结构、余

热回收、可再生能源利用等方式可以明显降低能耗；高效节能设备、能源分项计量、资源循环利用等措施可以使得单位产品能耗进一步降低。三是可持续发展上，厂址布局和建材选择有着深远的影响，绿建促进人、建筑与自然的和谐，应该考虑日照、通风，设置绿化用地，减少雨水径流，降低热岛效应。四是在国家政策层面上，实现工业建筑节能、节能、节水、节材、保护环境和保障人员健康的目标已经十分明确。

2 食品加工厂建筑设计的主要影响因素

2.1 生产工艺与功能分区

生产工艺是食品加工厂建筑设计的第一限制因素。不同的食品种类对于加工过程、温度湿度的要求、洁净等级等存在较大差别，因此建筑空间的组织方式也有所不同。按照产品生产流程，将产品生产区域划分为原料预处理区、加工区、灭菌区、包装区、仓储区。科学的功能分区还要实现清洁作业区、准清洁作业区、一般作业区和非食品处理区的有效隔离，防止区域间的交叉污染。清洁作业区主要为熟制、冷却、内包装、灌装等高风险工序，应保持正压和高洁净度；准清洁作业区为半成品加工、配料、预处理等工序，保持相对正压；一般作业区为原料验收、外包装、仓储等区域，维持常压状态。三区隔墙、门和缓冲间完全隔离，不能直接相通，设压差梯度，清洁区气压大于准清洁区，准清洁区气压大于一般作业区。建筑平面设计要紧凑高效，避免空间的浪费，给设备安装、维修、未来产线的扩展留有余地。另外生产区内不同等级洁净用房之间应根据品种及工艺要求设置缓冲室、空气吹淋室等防止交叉污染的设施。

2.2 食品卫生与室内环境控制

食品卫生是食品加工厂设计的首要考虑因素，室内环境控制同产品质量、食品安全有直接联系。洁净用房分级管理属于卫生设计的基本内容，各个洁净等级区域对温度、湿度、换气次数、悬浮粒子浓度等都有具体的要求。当生产工艺对温度、湿度没有特殊要求时，I级、II级洁净用房的温度为 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $30\%\sim 65\%$ ；III级、IV级洁净用房的温度为 $18^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $30\%\sim 70\%$ 。微生物污染同温湿度条件紧密相关，食品工业洁净用房的温度、湿度控制十分重要^[1]，要依照生产工艺需求来合理规划并建造。检验场所工作面混合照明的最低照度不应小于 500lx ，加工场所工作面一般照明的最低照度不应小于 200lx 。辅助工作室、走廊、缓冲室、人员净化和物料净化用室一般照明照度不应小于 100lx 。此外噪声控

制也不能忽略，I级洁净用房噪声级（静态）不应大于 $65\text{dB}(\text{A})$ ，其他等级洁净用房噪声级（静态）不应大于 $60\text{dB}(\text{A})$ 。地面材质采用环氧树脂、聚氨酯、防滑食品级地砖，无毒、防滑、耐腐蚀、无缝，坡度为 $1\%\sim 2\%$ ，坡向设水封地漏。

2.3 建筑空间与交通物流组织

建筑空间设计、交通物流组织都会影响到生产效率以及卫生安全水平。食品加工厂空间设计要以物流为轴线，兼顾水、电、气、冷的供应方便，规划总体结构。车间布局要顺畅、紧凑、合理，不能出现往返交叉、长距离运输或者多次运输的情况。人流和物流分开是防止交叉污染的重要措施，人流进入生产区按更衣、洗手、消毒、风淋、缓冲进入；物流设原料、包材、半成品、成品专用通道，不相互交叉。按原料、验收、预处理、加工、熟制或杀菌、冷却、内包装、外包装、成品的顺向布置，保证原料入口、成品出口、废弃物出口三出口独立分开。不同清洁区之间需要采取不同的隔离措施，形成不同的功能间来控制人流、物流、空气流的交叉污染。建筑形态选择上，为了使生产车间流程顺畅并避免直线带来的弊端，一般会把建筑物设计成T形、L形或者U形，如果是多层车间，则要考虑上下垂直运输的问题。车间净高不应小于 3.0m ，设备间距不应小于 0.8m ，主通道不应小于 1.2m ，设备离墙不应小于 0.8m 。新建厂房还要考虑后期扩建的可能，留出一定的发展余地。

2.4 能源消耗与资源利用（含建材成本）

食品加工厂属于能源密集型建筑，主要能耗部位有制冷系统、加热系统、空气调节系统以及照明系统。各个功能区的能耗特点不一样，冷库区一直消耗冷量，加工区需要蒸汽、热水，洁净区对通风、空调的需求是持续的。所以能源消耗是设计中必须前置考虑的因素。从资源利用角度来讲，食品加工过程中用水量大，主要用水用于清洗、冷却以及工艺加工等环节，产生的废水量也较多。建材选择要面对卫生安全和成本控制的双重约束，食品车间内部装修材料必须满足洁净、耐腐蚀、易清洁的要求，厂房内部装修材料中醛、苯、氨、氡等有害物质必须符合国家和地方法律、标准要求^[2]。高性能环保材料的初始投资较大，但是从全生命周期的角度看，它的节能效果以及维护成本的降低可以带来综合效益。在过渡季节及冬季，供暖、通风和空调系统可以依靠冷却塔或者新风来提供冷量，从而减少制冷主机的运行时间。电力系统可加装无功补偿装置，提升功率因数，削减线路损耗。

3 绿色建筑理念下食品加工厂建筑设计策略

3.1 适应生产工艺的厂区布局与功能分区设计

绿色理念下厂区布局应该以生产工艺为逻辑起点,从保证食品安全、卫生的角度出发来实现用地的节约、流线的高效。厂址选择要兼顾社会环境、自然条件等各方面因素,同周边其它设施之间的安全卫生防护距离,依照国家及地方法律规定,并结合食品生产质量安全综合评价来确定。厂区不能选择对食品有明显污染的区域,不能选择有害废弃物和粉尘、有害气体等污染源,应远离粉尘、有害气体、放射性源、污水厂、垃圾场、畜禽场等污染源,保持不低于 50m 的防护距离。总平面布置要充分考虑食品生产工艺特点以及具体工程项目中洁净厂房内各个功能区的合理布置。具体来说,将污染较重的生产环节设置在厂区常年最小风频风向的上风侧,保证洁净用房少受污染;将原料接收区、成品发货区分设在厂区不同的方向,避免车辆流线交叉;根据产品生产流线按照原料预处理、加工、灭菌、包装、仓储的顺序组织各个功能模块,形成单向顺流、不回头的布局逻辑。各个功能区之间用连廊或者缓冲空间相连,既可以保证工艺的连续性,也可以给洁污分区提供物理上的隔离。生产区、生活区分区隔离,物理分隔无交叉;道路采用混凝土或沥青硬化,空地绿化无裸露土,植被无花粉、无飞絮、定期维护。

3.2 保障食品卫生的室内环境优化设计(采光、通风、材料等)

在保证食品卫生的基础上达到室内环境绿色化,这是绿色建筑设计策略的主要内容。工业厂房大跨度空间天然就具有良好的自然采光、自然通风条件。整体厂房建设以绿色为理念,采用外墙玻璃窗、屋顶采光天井设计,尽量多地利用自然光,减少日间照明。根据饮食洁净厂房的特殊要求,可以使用表面涂覆纳米 TiO_2 涂层的新建筑天窗,利用光催化反应有效地分解掉油污和细菌。自然通风方面,车间通风系统可以结合自然通风、无动力和有动力机械通风,根据区域发热和湿度特点选择合适的通风方式,达到能耗最优的目的^[3]。气流方向要符合由清洁区向准清洁区,再向一般作业区流动的规律,形成正压梯度。建筑材料的选择上,在满足食品级卫生标准的基础上,尽量使用低挥发性有机化合物的涂料和密封剂,内墙可采用食品级彩钢板、不锈钢板或者瓷砖等易清洁的材料,阴阳角应做 $R \geq 50\text{mm}$ 圆弧处理,做到无死角、易清洁。地面应选用无毒、防滑、耐腐蚀的无缝材料,设 1%~2%坡度坡向地漏。顶棚材料应无毒、防霉、防脱落、防冷凝,使

用洁净板或防霉涂料,结构平整光滑,无裂缝、无空鼓、无滴水。

表 1 食品加工车间不同洁净区域环境控制参数对比

控制参数	清洁作业区	准清洁作业区	一般作业区
温度(无特殊工艺要求时)	20℃~25℃	18℃~26℃	18℃~26℃
相对湿度(无特殊工艺要求时)	30%~65%	30%~70%	30%~70%
照度(工作面)	$\geq 200\text{lx}$	$\geq 200\text{lx}$	$\geq 200\text{lx}$
噪声级(静态)	$\leq 65\text{dB(A)}$	$\leq 60\text{dB(A)}$	$\leq 60\text{dB(A)}$
空气压力梯度	正压最高	相对正压	常压

3.3 建筑空间高效利用与物流流线优化设计

绿色建筑重视空间的高效利用,食品加工厂的空间设计在满足生产工艺、卫生要求的基础上应该做到集约化。建筑平面应紧凑布置,减少不必要的交通面积及辅助面积所占比例。车间布局的总体原则是以物流为主轴,结合水、电、气、冷的供给方便来规划整体结构。物流流线设计要遵照“最短路径、单向流动、洁污分离”准则,依照原料、验收、预处理、加工、熟制或杀菌、冷却、内包装、外包装、成品的顺向布置,保证原料入口、成品出口、废弃物出口三出口各自分开。人流、物流、污流要完全分开,各自开辟专用通道,防止交叉感染。物流的传递依靠传递窗或者加工设备自带的功能来实现,连续蒸煮机、油炸机、蒸柜生熟区分别开门等,既把生熟区域隔开,又传递了物料。下角料、废弃物用密闭包装从专用出口运出或者按物流逆向运出,注意防止交叉污染。多层厂房应设置专门的垂直运输通道,电梯的位置和载重能力要合理布置。仓库为车间的配套建筑物,应尽量靠近相应的生产车间、辅助车间,根据贮存物料不同选择符合防火安全要求的间距和结构。空间设计还要留出设备维修通道以及未来产线扩大的余地,防止频繁改建造成资源浪费。

3.4 节能减耗与水资源、可再生能源利用设计

节能减耗属于食品加工厂绿色设计的主要方向。围护结构上采用高性能岩棉保温材料和隔热构造,减小夏季热吸收、冬季热损失;门窗系统要有良好的气密性,减少空气渗透造成的冷热损失。在过渡季节及冬季,供暖、通风、空调系统可以依靠冷却塔或者新风来获取冷量,从而缩减制冷主机的运行时间。工厂可以全面推行照明系统 LED 改造、生产线成品库房采暖改造、蒸汽管道保温改造、制冷机组合并运行等节能措施。冷库区域可以利用压缩机排出的废热来对风机进行融霜,制冷压缩机的排气也可以通过板换加热乙二醇来对地坪进行防冻加热。在可行的情况下可以安装太阳能光伏发电系统、太阳能热水系统。厂区

内设置太阳能光伏板,源源不断地产出可再生能源电。光伏发电自用量可以达到建筑总能耗的 30%以上,绿色电力比例可以达到行业先进水平^[4]。在水资源管理上应该建立雨水收集、利用系统,设计厂区雨水收集管网及储存设施,收集中央空调冷凝水,提高水资源利用率。利用反渗透浓水回收技术达到水资源的高效利用,采用智能全闭式蒸汽冷凝水回收系统,回收蒸汽热源机冷凝水作为锅炉补水。可以建立水资源管理分级利用和梯级回用体系,将用水水质等级细分,严格实行水质用途相匹配制度,使高等级废水经过处理后再回用到低等级用水环节。污水处理达到标准之后可以回用到绿化浇灌、道路冲洗等非生产方面。

4 结语

绿色建筑理念同食品加工厂设计的融合,并不是简单的技术叠加,而是在保证食品安全这一刚性约束的基础上,重新考虑建筑和生产、建筑和环境、建筑和人之间的关系。本文从生产工艺、卫生控制、空间物流、能源资源四个方

面分析了食品加工厂建筑设计主要的影响因素,提出相应的绿色设计策略。随着建筑信息模型、智能运维、碳中和技术的发展,食品加工厂绿色建筑设计会越来越精细、系统,在保证食品安全的基础上达到更高的节能降碳和环境友好水平。

[参考文献]

- [1]王勇.绿色建筑技术在建筑设计中的优化策略研究以颜如佳燕窝食品生产加工基地项目为例[J].中华建设,2026(4):114-116.
 - [2]李平平.绿色安全理念下的食品包装设计创新策略研究——评《食品包装设计》[J].中国油脂,2021,46(8):159.
 - [3]熊初林.浅谈食品类工厂参观空间建筑设计分析[J].食品安全导刊,2020(14):80.
 - [4]张国栋.浅谈食品工业厂房的照明设计[J].电气应用,2018,37(22):24-26.
- 作者简介:王俊杰(1994—),男,汉族,山西大同人,中级工程师,本科,研究方向为工业建筑设计。