

食品生产车间建筑设计与工艺布局优化研究

解婧雅 张云梅

华商国际工程有限公司, 北京 100069

[摘要]食品生产车间的建筑设计及工艺布置属于保证食品安全, 提高生产效率的重要基础工作。目前一些食品生产车间在功能分区、人流物流组织、空间利用、卫生环境控制等各方面还存在着许多不足, 其根本原因就是建筑设计同生产工艺缺少有效的协同机制。文章在分析食品生产车间功能特点的基础上, 对建筑设计和工艺布局的现状问题进行了梳理, 在协同设计机制、空间利用效率、卫生安全保障、设备管线协调、绿色节能设计五个方面提出了相应的优化措施, 以期给食品生产车间科学设计、合理布局提供一定的参考。

[关键词]食品生产车间; 建筑设计; 工艺布局; 协同优化; 绿色节能

DOI: 10.33142/ec.v9i9.20403

中图分类号: TH181

文献标识码: A

Research on Architectural Design and Process Layout Optimization of Food Production Workshops

XIE Jingya, ZHANG Yunmei

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

Abstract: The architectural design and process layout of food production workshops are important foundational work for ensuring food safety and improving production efficiency. At present, some food production workshops still have many shortcomings in functional zoning, personnel and logistics organization, space utilization, and hygiene environment control. The fundamental reason is the lack of effective coordination mechanisms between building design and production processes. On the basis of analyzing the functional characteristics of food production workshops, this article summarizes the current problems in architectural design and process layout, and proposes corresponding optimization measures in five aspects: collaborative design mechanism, space utilization efficiency, hygiene and safety guarantee, equipment pipeline coordination, and green energy-saving design, in order to provide some reference for scientific design and reasonable layout of food production workshops.

Keywords: food production workshop; architectural design; process layout; collaborative optimization; green energy-saving

引言

随着食品工业的迅速发展和食品安全法规体系的不断完善, 食品生产车间的设计不再只是提供一个遮风避雨的生产场所, 而应该与生产工艺深度融合, 在空间组织、环境控制、卫生保障等各方面实现系统的协同。近些年来, 国家先后修订了 GB 50687-2011《食品工业洁净用房建筑技术规范》和 GB 14881-2025《食品安全国家标准食品生产通用卫生规范》, 对食品生产车间的设计与建设提出了更加系统、更加严格的规范要求。但是, 在实际的工程实践中, 建筑设计常常会落后于工艺设计或者和工艺设计相脱离, 造成车间建成之后出现功能分区不合理、人流物流交叉、空间浪费、卫生控制薄弱等状况, 既会影响生产效率, 又会对食品安全造成潜在的危害。怎样在建筑设计阶段就充分考虑到工艺需求, 使两者达到协同优化的目的, 已经成为食品工程领域亟待解决的重要问题。本文就该问题

从功能特点、现状问题和优化措施三个方面进行系统的探究。

1 食品生产车间的功能特点

食品生产车间和一般工业厂房有本质的区别, 食品生产车间的功能特点来源于食品生产对食品质量、卫生的要求。食品生产有严格卫生洁净要求, 车间要按照产品特性、工艺环节来划分出不同洁净等级的区域。按照 GB 50687-2011《食品工业洁净用房建筑技术规范》的规定, 第一, 食品工业洁净用房应按食品生产对除菌除尘和卫生的要求分级, 洁净用房应明确其中生产的关键控制点、关键区域和背景区域, 并分别定级。按照该规范, 洁净用房应分为 I、II、III 三个等级, I 级为高污染风险的洁净操作区, II 级为 I 级区所处的背景环境或者污染风险仅次于 I 级的涉及非终灭菌食品的洁净操作区, III 级为生产过程中重要程度较低的洁净操作区。第二, 食品生产车间人流、物流组织非常复杂, 不同洁净区的生产人员进出路线要严

格分开,生产流线紧凑安排,同类型设备适当集中,工艺布置使原料、半成品的运输距离最短,避免人员、物料(物品)的往返交叉。第三,食品生产车间对温度、湿度、压差梯度等环境参数有严格的要求,清洁作业区一般要保持正压通风,压差不小于5帕,防止低洁净区空气倒灌。另外食品生产车间还要考虑设备管线的合理布置、排水系统顺畅的设计以及后期可扩展性等各方面的要求,这些特点共同决定了它的建筑设计的专业性和系统性。

2 食品生产车间建筑设计现状分析

2.1 生产功能分区不够合理

目前很多食品生产车间在功能分区上存在着明显不足。部分企业车间规划时没有根据产品特性、生产工艺和清洁程度的要求对作业区进行科学划分,只用地面画线或者悬挂标识牌的方式简单区分,缺少有效的物理隔离。GB 14881-2025《食品安全国家标准食品生产通用卫生规范》规定清洁作业区、准清洁作业区、一般作业区必须用物理分隔(隔墙、独立门窗、缓冲间)来隔开,不能直接相通。但是在实际建设过程中,有些车间的清洁区和准清洁区之间没有设置缓冲间,原料处理区和成品加工区紧挨着设置,非清洁区和清洁区不分。功能分区不合理会增大交叉污染的可能性,并且会对之后的卫生管理以及生产调度造成麻烦。

2.2 人流物流组织存在交叉

人流物流交叉在食品生产车间的设计中经常出现。合理的动线设计要遵守生熟分开、洁污分开、人流物流分流的基本准则,原料入口和成品出口要完全分开,不能有迂回交叉。但是部分车间在布置的时候没有考虑到人员通道和物料运输通道的分离,人员进出清洁作业区的路径和原料、半成品或者成品的运输路线存在重叠,食品生产许可现场审查中人流和物流路线交叉污染、原料通道和成品通道交叉或者共用等现象时有发生^[1]。更为重要的是,人流物流分开实质上并不是在形式上设置两条互不相交的通道,而是在工艺布局设计上采取相应的措施,防止人对物料、外界环境对物料和物料之间的交叉污染。在一些改造型的车间里,由于原有的建筑条件所限,该问题更加严重。

2.3 生产空间利用效率不足

生产空间利用效率低是食品车间设计的又一主要问题。车间布局存在的主要问题就是功能分区面积过大或者过小,导致部分区域没有被利用起来,也存在一些闲置的区域。该问题出现的原因是建筑设计阶段没有掌握好设备尺寸、操作工位、物料堆码和流转载体的实际需要,造成建成后的空间与实际生产需要之间存在差异。另外一些既有厂房在改造成食品生产车间的时候,由于原有的建筑结构柱网尺寸、层高等原因,不能按照工艺流程实现理想的

线性布置,物料运输路线不得不绕道而行,不仅造成了空间的浪费,也降低了生产效率。车间布局应顺畅、紧凑、合理,防止往返交叉、长距离运输或者多次运输,但是也不能过分追求线式设计,在空间利用和管理上同样会存在不足。

2.4 卫生与环境控制考虑不充分

卫生与环境控制属于食品生产车间建筑设计重点,但是常常会被忽略。飞行检查中发现车间天花板有冷凝水珠、霉斑,墙面防水挡板翘起,地砖破损,地面不平积水等现象。这些问题的产生大多源于设计阶段,地面坡度设计不合理造成排水不畅,墙体与地面的交接处没有做圆弧过渡处理形成清洁死角,顶棚结构不利于冷凝水垂直滴落。通风及环境控制部分,部分车间换气次数、压差梯度不满足规范要求,洁净区正压通风系统不能保证良好的正压状态,低洁净区空气倒灌风险没有得到有效控制^[2]。穿墙管道四周没有做好有效的密封,地漏水封高度不够或者长时间干涸造成下水道浊气上溢等现象也时有发生。

3 食品生产车间建筑设计与工艺布局协同优化措施

3.1 建立建筑与生产工艺协同设计机制

解决建筑设计和工艺布局相脱离的根本办法,就是创建起两者之间的协同设计机制。车间布置必须以工艺为先,同时还要考虑到总图、土建、设备、安装、电力、暖通、外网等各方面的要求。这就意味着建筑设计不能在工艺方案确定之前就进行,而应该与工艺设计同时进行、互相反馈。设计团队在项目开始时就应该对工艺和建筑进行联合评审,把工艺流程、设备选择、洁净等级要求等重要参数作为建筑设计的输入条件。利用建筑信息模型技术,依靠BIM技术,一方面可以达到对车间空间布局、工艺流程、设备布置、管线系统等进行准确模拟的目的,另一方面还可以在工艺设计阶段对卫生、安全、节能、绿色设计等各个方面进行综合评价,同时还可以支持施工过程中的模拟管理和后期运维阶段的数字化管理,从而实现从设计到施工再到运营整个生命周期的协同优化。设计团队可以在施工前将各个专业信息叠加到统一的模型上,在设计阶段识别出建筑空间和工艺设备之间存在的矛盾,避免出现设计变更和施工返工的情况,从根本上提高车间建成后的适用性及运行效率。

3.2 提高空间利用与生产效率

提高空间利用率要从总体布局结构和设备摆放两方面同时入手。从总体布局上来说,车间要依照场地状况来挑选直线型、L型、U型或者折线型这些合适的空间组织形式,让生产流程从非清洁环节走向清洁环节,防止在加工过程中产生交叉和倒流的情况出现。设备排列上要采用建模和排列组合的方法来布置各个功能区的生产设备设施,使各个功能区的空间分割随设备排列而动态调整优化。

根据经验数据,通常设备与墙壁之间的距离不得小于 0.8m,设备之间通道宽度不得小于 1.2m,设备与天花板距离不得小于 0.6m,这些都是操作和维护的基本要求,也是空间利用率的限制条件^[3]。在层高设计上,清洁作业区、准清洁作业区层高不小于 4m,满足通风、设备安装、人员操作空间的要求;一般作业区、非食品处理区应根据实际设备高度确定层高。生产车间内加工人员人均占有面积(除设备外)不得少于 1.5m²,防止拥挤造成污染。合理的面积、层高分配可以保证操作的舒适、安全,又不会造成空间的浪费。

3.3 完善卫生安全保障体系

卫生安全保障体系要渗透到建筑设计的全过程之中。不同洁净级别的房间之间应设缓冲室、空气吹淋室等防交叉污染设施,设缓冲室的面积不应小于 3m²。人员净化上,清洁作业区的人流要经过二次更衣、风淋、洗手消毒缓冲程序,物流用双门互锁传递窗传递,不允许人员和物料相互折返。建筑构造上地面应采用无毒、防滑、耐磨、耐腐蚀的材料,表面平整无裂缝;常冲洗区设 1%~2%坡度,最低处装带水封地漏,水封高度不应小于 50mm。墙壁材质要光滑易清洁,墙角、地角、顶角做圆弧过渡,半径不小于 3cm,不得有积污死角。门窗要保证密闭性,车间外门应装设风幕机、防蝇帘和灭蝇灯,穿墙管道四周应无间隙密封,防止虫害、粉尘、异味进入。车间排水系统入口处应设置带水封或者封闭式地漏的装置,定期检查密闭性能,排水流向应从清洁区流向一般区,不得逆流。这些措施的系统执行就形成了一个由空间隔离、人员净化、构造防护组成的完整的卫生安全保证体系。

3.4 强化设备布置与管线协调

设备布置和管线协调属于建筑空间与生产工艺的衔接部分。车间整体布局要以物流为主线,根据水、电、汽、冷的供给便利进行规划。在满足安全和消防要求下,合理设计建筑结构形式、建筑功能布局和设备设施材料以及各种管线的布局。设备布置时要考虑到设备操作面、检修空间和物料流转通道三者之间的关系,防止因为设备排列不合理造成空间死角或者物流瓶颈。食品车间的给排水、通风管道、蒸汽管道、电缆桥架等管线在有限空间内交叉穿越,设计阶段没有做系统管线综合时,在施工过程中很容易发生碰撞冲突^[4]。碰撞检测就是检测模型中各种构件或者设施设备之间的空间相互关系的过程,一般分为重叠检测(硬碰撞)和最小距离检测(软碰撞),通过管线的合理布置可以达到管线空间的有效利用,从而减少施工阶段的设计变更和返工。设备布置方案确定之后,及时开展管线综合设计,用三维模型对各种管线进行碰撞检测和净高分析,保证管线走向合理、检修方便、不干扰洁净环境的保持。

3.5 推进绿色节能设计

绿色节能设计属于食品生产车间建筑设计当中越来越重要的一环。食品生产车间由于洁净空调系统、制冷设备、蒸汽系统等大量运行,能耗强度远远大于一般的工业建筑,因此节能设计的空间和潜力也更大。建筑围护结构上可以采取改善墙体保温、使用高效门窗、设置隔热屋面等方式来减少冷热负荷。热回收技术应用效果最好,全热回收热泵系统可以将制冷过程中显热和潜热全部回收并转化成生产用热水,可以大大节省后期运营成本。在可再生能源的利用上,利用厂区的空间建立光伏发电系统,以自发自用的方式给厂区提供用电负荷,在电费上节省后期运营成本。除此之外,照明系统 LED 改造、蒸汽管道保温改造、高效节能设备应用等都可以取得较好的节能效果。绿色节能设计要同建筑设计、工艺布置结合起来,在方案阶段就将节能目标纳入设计条件,不能等到项目建成之后再被动改造。

4 结语

食品生产车间的建筑设计 and 工艺布局优化是一个牵涉到诸多专业、众多环节的系统工程。本文从食品生产车间的功能特点入手,分析了目前食品生产车间功能分区、人流物流组织、空间利用、卫生环境控制等各方面的不足,然后从协同设计机制、空间利用效率、卫生安全保障、设备管线协调、绿色节能设计五个方面提出改进措施。经过研究发现,建筑设计同工艺布置的协同不能只停留在理念上,而应该落实到设计流程、技术手段和具体的构造措施里。创建以工艺为先的协同设计机制,依靠信息化手段达成多专业信息融合并处理冲突的目的,这是改善两者之间脱节状况的途径之一。卫生安全保障和绿色节能设计要融入到建筑设计的全过程之中,而不能是事后补救的措施。伴随着食品工业向着智能化、绿色化方向不断发展,食品生产车间的设计建设也将随之提高要求、增加困难,在实践中不断总结经验、完善方法才能满足行业发展的新要求。

[参考文献]

- [1]孙哲浩,李巧玲.“食品工厂设计与环境保护”课程卫生设计教学探讨[J].食品工业,2023,44(7):168-172.
- [2]朱庆龙.某现代预制菜食品加工厂的建筑电气设计探讨[J].江西建材,2023(8):177-178.
- [3]盛菊,李浩,凌锋.食品生产洁净车间空调系统设计[J].中国食品工业,2025(12):122-124.
- [4]刘一畅,余奇峰.冷库建筑设计要点的研究[J].现代食品,2024,30(7):15-18.

作者简介:解婧雅(1988—),女,汉族,安徽宿州人,硕士研究生,高级工程师,主任工程师,从事建筑设计研究工作。