



年产 100 吨奶糖加工厂的工艺设计与工程优化

陈 圻

(长春大学食品科学与工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要：本文以年产 100 吨高品质奶糖的加工工厂为设计对象，系统阐述了从原料特性分析到生产工艺确定、核心设备选型及车间布局优化的完整工程设计方案。研究基于物质守恒与能量守恒原理，对生产过程进行了详尽的物料衡算与能耗估算，并据此完成了核心设备的参数计算与选型。在设计过程中，重点探讨了熬煮温度、均质压力等关键工艺参数对奶糖品质的影响机制，并提出了基于危害分析与关键控制点（HACCP）原则的质量控制策略。此外，本文还从食品工厂设计的系统工程角度，对车间洁净分区、人流物流组织及厂区总平面布置进行了科学规划。本设计旨在为中小规模奶糖加工企业提供一套兼具理论依据与实践价值、注重食品安全与经济效益的综合性工程解决方案。

关键词：奶糖；加工工艺；工厂设计；物料衡算；设备选型；食品安全

收稿日期：2026 年 5 月 20 日

中图分类号：S5-3

通讯作者：陈圻 长春大学食品科学与工程学院

Process Design and Engineering Optimization for a Milk Candy Processing Plant with an Annual Production Capacity of 100 Metric Tons

Qi Chen

(School of Food Science and Engineering, Changchun University, Changchun, Jilin 130022)

Abstract: This paper takes a processing plant with an annual production capacity of 100 metric tons of high-quality milk candy as its design subject and systematically presents a comprehensive engineering design plan, ranging from the analysis of raw material characteristics to the determination of production processes, the selection of core equipment, and the optimization of workshop layout. Based on the principles of conservation of mass and energy, the study conducted a detailed material balance analysis and energy consumption estimation for the production process, and used these results to calculate the parameters and select the core equipment. During the design process, the study focused on exploring the mechanisms by which key process parameters—such as boiling temperature and homogenization pressure—affect milk candy quality, and proposed quality control strategies based on the principles of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) . Furthermore, from a systems engineering perspective of food plant design, this paper scientifically planned the workshop's cleanliness zones, the organization of personnel and material flows, and the overall site layout. This design aims to provide small- and medium-sized milk candy processing enterprises with a comprehensive engineering solution that combines theoretical foundations with practical value and emphasizes both food safety and economic efficiency.

Keywords: Milk candy; Processing technology; Plant design; Material balance; Equipment selection; Food safety



1 引言

1.1 奶糖产业的研究背景与现实意义

奶糖作为一种兼具营养补给与情绪调节功能的休闲食品,其市场地位正经历从传统节日馈赠向日常消费场景的深刻转变。现代食品工业对奶制品的加工提出了更高要求,不仅在于保留其醇厚风味与绵密口感,更在于通过精准的工艺控制确保产品品质的均一性与安全性。奶糖的主要原料包括白砂糖、麦芽糖浆、奶粉或鲜奶、黄油以及食品添加剂等,其营养成分以碳水化合物和脂肪为主,同时含有一定量的乳蛋白、矿物质和维生素。从食物物性学的角度来看,奶糖属于一种典型的半硬质糖果,其质地特征介于硬糖的脆性和软糖的黏弹性之间,这种独特的质构特性源于其复杂的配方体系和精细的加工工艺^[1]。

近年来,我国糖果行业保持了稳定的增长态势,但奶糖细分品类的发展却面临着结构性挑战。一方面,消费升级趋势下,消费者对天然、健康、高品质食品的需求日益增长,传统奶糖因含糖量高、添加剂复杂而受到一定程度的冷落;另一方面,进口品牌和新兴竞品在高端市场的布局,对国产奶糖形成了较大的竞争压力。然而,奶糖品类依然具有不可替代的市场价值——其浓郁的乳香风味和绵密的口感体验,在休闲零食、节日礼品和怀旧消费场景中拥有稳定的消费群体^[2]。因此,通过科学的工厂设计和工艺优化,提升国产奶糖的品质稳定性和生产效率,对于增强产业竞争力具有重要的现实意义。

1.2 奶糖加工技术的研究现状与进展

我国学者在奶糖加工技术领域开展了大量富有成效的研究工作,研究热点主要集中在以下几个方面。

在配方优化方面,研究人员通过调整糖醇比例、添加功能性配料等方式,开发低糖、高蛋白或富含益生元的奶糖新品。楚朝阳等人系统研究了加工工艺及参数对奶糖品质的影响,发现糖浆比例、熬煮温度和搅拌速度对奶糖的硬度、弹性和咀嚼性具有显著影响^[3]。姚青云则探讨了膨松型奶糖的加工技术,通过引入充气工艺,使产品获得了更加疏松绵软的质地^[4]。

在工艺创新方面,低温乳化法、真空熬煮技术

等在奶糖生产中的应用受到了广泛关注。策力格尔以酸马奶为原料,研究了功能性乳清奶糖的配方与工艺,探索了奶糖产品差异化的技术路径^[5]。陈炯则从保质期的角度出发,系统分析了奶糖在储存过程中的品质劣变机制,提出了延长货架期的工艺改进方案^[6]。

在工程应用层面,沈彦昆探讨了改善奶糖品质的工艺措施,强调了对熬糖终温、冷却速率和包装环境等关键控制点进行精细化管理的必要性^[7]。郑拯介绍了果冻奶糖的生产工艺,展示了奶糖产品形态创新的可能性^[8]。

尽管上述研究取得了显著进展,但多数工作聚焦于实验室规模或单项技术的优化,缺乏从系统工程角度出发、涵盖工艺设计、设备选型与车间布局的综合性工厂设计研究。这正是本设计的出发点和着力点——将食品科学的理论成果转化

为可工程化实施的完整生产方案。

1.3 本设计的研究目标与技术路线

本研究的目标是完成一个年产100吨奶糖加工厂的系统设计,具体任务包括:制定符合市场定位的产品方案;论证并确定科学合理的生产工艺流程;基于物料衡算完成核心设备的参数计算与选型;估算水、电、汽等公用工程消耗量;规划车间工艺布置与厂区总平面布局。设计过程中将贯穿食品安全、节能降耗和可持续发展的现代工程设计理念,力求为中小规模奶糖加工企业

提供一套具有理论依据和工程实践价值的综合性解决方案。

2 材料与方法

2.1 设计基础数据与产品方案

2.1.1 产品定位与规格设计

本设计的产品为高品质软质奶糖,目标市场定位于中端休闲消费市场,兼顾节日礼品渠道。产品规格设定为每颗净含量10克,每50颗装罐,即每罐净含量500克。该规格设计基于以下考虑:单颗10克的重量适中,符合消费者单次食用的心理预期和实际需求;罐装形式便于陈列展示和运输防护,同时可满足礼品化包装的需要^[9]。

2.1.2 产能规划与生产制度

设计产能为年产100吨,计算依据如下:

· 年生产天数:300天(扣除法定节假日及设备定期检修日)

- 生产班制：每日 2 班，每班有效工作时间 8 小时

· 班次产量：100 吨 ÷ 300 天 ÷ 2 班 ≈ 0.167 吨 / 班

· 日产量：0.167 吨 × 2 班 ≈ 0.334 吨 / 日
- 考虑生产过程中的不合格品率和包装损耗，产品合格率按 99.55% 计算，则实际年产量为 100 吨 × 99.55%=99.55 吨，接近设计产能。

2.1.3 原料规格与质量标准

本设计采用的原料及其质量标准如表 1 所示：

表 1 原料及其质量标准

原料名称	规格要求	关键质量指标	来源要求
鲜牛奶	一级品	乳脂含量≥3.2%，蛋白质≥2.9%，酸度≤18° T，细菌总数符合 GB 25190	自建供应基地或合格供应商
白砂糖	优级	纯度≥99.5%，色值≤45IU，不溶于水杂质≤20mg/kg	正规糖厂
麦芽糖浆	食品级	DE 值42–48，固形物≥75%，pH 4.5–5.5	合格供应商
黄油	食品级	乳脂含量≥82%，水分≤16%，酸价≤1.0mg KOH/g	合格供应商

- 2.2 工艺流程设计

2.2.1 工艺流程的确定原则

奶糖生产工艺流程的确定遵循以下原则：原料的天然风味与营养成分应得到最大程度的保留；操作步骤应简洁、可控，便于实现工业化和自动化；
- 关键工序应设置明确的工艺参数和检测节点；人流、物流走向应合理，避免交叉污染。

在综合比较传统熬煮工艺与现代低温乳化工艺各自优势的基础上，结合本设计的产能规模和产品定位，确定了以下核心工艺流程，如图 1 所示^[10]：



图 1 核心工艺流程

- 2.2.2 操作要点与技术参数

(1) 原料验收与预处理：鲜奶到厂后，立即进行感官检验和理化指标抽检，合格后通过板式换热器降温至 4℃ 以下储存。白砂糖需用粉碎机粉碎至 80 目以上细度，再用纯化水在溶解罐中加热至 75 ~ 80℃ 溶解成糖浆，过滤除杂后备用。黄油在 35 ~ 40℃ 恒温间中软化至可塑状态。

(2) 配料混合：按配方准确称量各原料，投入不锈钢配料混合机中。混合温度控制在
- 60 ~ 70℃，搅拌速度 45 ~ 60r/min，混合时间 20 ~ 30 分钟。混合终点通过目测和粘度测定双重判断，以各组充分融合、色泽均匀一致为度。

(3) 熬制浓缩：将混合好的物料用泵送入夹层熬糖锅。采用分段升温方式：第一阶段从室温升至 100℃，升温速率控制在 3 ~ 5℃ /min；第二阶段从 100℃ 升至设定温度 115 ~ 125℃，升温速率减缓至 1 ~ 2℃ /min。熬煮过程中持续搅拌，防止局部过热糊底。定期取样测定水分含量和折光



率,以终了水分含量 $\leq 3\%$ 为熬煮终点,整个熬煮过程约需 40 ~ 60 分钟。

(4) 风味添加与均质:熬煮完成后,将糖料降温至 70 ~ 75℃,在搅拌条件下加入香精、风味物质等,继续搅拌 10 分钟使其分散均匀。随后将糖料送入高压均质机,在 20 ~ 30MPa 压力下进行均质处理。均质温度控制在 65 ~ 70℃,该温度范围可确保脂肪处于液态,有利于细化分散,同时不至于引起乳蛋白的过度变性^[11]。

(5) 冷却定型:均质后的糖料温度约 65 ~ 70℃,通过布料器均匀分布在冷却输送带上。输送带下方设有强制通风冷却系统,冷却风温度控制在 10 ~ 15℃,使糖料在 30 ~ 40 分钟内冷却至 25 ~ 30℃。冷却过程中糖料逐渐凝固,由黏稠液态转变为具有弹性和韧性的半固态糖坯。

(6) 切割分块:冷却定型后的糖坯进入自动切割机。切割采用往复式刀架结构,刀片材质为食品级不锈钢,刀刃锋利度需定期检查和更换。切割尺寸由调节机构精确控制,单颗重量公差控制在 $\pm 0.3\text{g}$ 以内。

(7) 包装:切割后的奶糖颗粒经振动输送带送入包装机。采用双层包装方案——内层为蜡纸或糯米纸,起防粘和隔离作用;外层为铝箔复合膜,具有良好的阻氧、阻湿性能,确保产品在保质期内品质稳定。

2.3 物料衡算

2.3.1 衡算依据与基本参数

物料衡算依据质量守恒定律,计算准则为:进入某一工序的物料质量 = 该工序产出的产品质量 + 该工序产生的物料损失。通过对各工序物料变化的定量分析,可以确定原料需求量、中间品产量、成品得率,并为设备选型和劳动力配置提供数据支撑。

本设计采用的基础工艺参数如下:

- 混合原料(投入总量)至成品奶糖的综合出品率:约 87.5%

- 熬制浓缩工序:主要损失为水分蒸发,损失率约 3%(以原料总量计)

- 冷却定型工序:包括粘附于设备壁面和输送带上的少量糖料损失,损失率约 2%

- 切割分块工序:包括边角料、碎屑和不合格

品,损失率约 1.5%

- 包装工序:包括不合格包装、封口不良品等,损失率约 1.5%

2.3.2 以 100kg 混合原料为基准的衡算

投入混合原料 100kg,各工序物料变化如下:

- 熬制浓缩后: $100\text{kg} \times (1 - 3\%) = 97\text{kg}$ (其中蒸发水分约 3kg)

- 冷却定型后: $97\text{kg} \times (1 - 2\%) = 95.06\text{kg}$

- 切割分块后: $95.06\text{kg} \times (1 - 1.5\%) \approx 93.63\text{kg}$

- 包装后成品: $93.63\text{kg} \times (1 - 1.5\%) \approx 92.23\text{kg}$

即 100kg 混合原料可制得成品奶糖约 92.23kg,综合出品率 92.23%。

2.3.3 以日产成品为基准的衡算

每日需生产成品奶糖约 0.334 吨,折合 334kg。

据此计算每日所需混合原料量:

$334\text{kg} \div 92.23\% \approx 362.1\text{kg}$

每日各工序物料量汇总:

- 投入混合原料:362.1kg

- 熬制浓缩后: $362.1\text{kg} \times 97\% \approx 351.2\text{kg}$

- 冷却定型后: $351.2\text{kg} \times 98\% \approx 344.2\text{kg}$

- 切割分块后: $344.2\text{kg} \times 98.5\% \approx 339.0\text{kg}$

- 包装后成品: $339.0\text{kg} \times 98.5\% \approx 334.0\text{kg}$

2.3.4 单颗产品物料核算

每颗奶糖成品净重 10g,每日生产成品 334kg,即 334000 颗。考虑包装损耗,每日需经切割工序的糖料量为:

$339.0\text{kg} \div 10\text{g} \approx 33900$ 颗(以每颗 10g 计)

各工序单颗损耗量约为:

- 熬制工序:平均每颗糖料对应原料约 10.84g

- 冷却工序:损耗约 0.22g/颗

- 切割工序:损耗约 0.15g/颗

- 包装工序:损耗约 0.15g/颗

2.4 设备选型与计算

2.4.1 设备选型的基本原则

设备生产能力应与生产线整体产能相匹配,避免出现瓶颈工序或能力过剩;设备的材质和结构应满足食品接触材料的卫生安全要求,具备良好的耐腐蚀性和易清洗性;设备的技术水平应先进适用,操作简便,运行可靠,维护方便;设备



的购置和运行成本应符合项目投资预算和经济效益要求^[12]。

2.4.2 核心设备参数计算

(1) 熬糖锅：每班次需处理混合原料约 181kg (362.1kg ÷ 2 班)。混合原料密度按 1.2kg/L 计，体积约为 151L/班。考虑熬煮时间约 50 分钟，设备填充系数取 0.75，则单台设备所需容积为 151L ÷ 0.75 ≈ 201L。为满足生产弹性和设备轮换清洗的需要，选用两台夹层熬糖锅，每台有效容积 600L，显著优于计算需求，并留有扩展余地。

(2) 高压均质机：均质工序的处理量与熬糖锅的出料速率相匹配。每班需处理糖料约 175.6kg (351.2kg ÷ 2)，按均质作业时间 2.5 小时计，处理能力需求为 175.6kg ÷ 2.5h ≈ 70.2kg/h，换算为体积约 58.5L/h。选用处理能力 250L/h 的高压均质机，可在较短时间内完成作业，并具备处理高粘度物料的能力。

(3) 冷却定型输送带：按每班处理量 175.6kg，糖料在输送带上的单位面积装载量按 5kg/m² 计，所需有效输送面积约 35m²。选用输送带宽度 1200mm，输送速度 0.5 ~ 1.0m/min 可调，实际输送长度约 30m，停留时间 30 ~ 40 分钟，可满足冷却定型要求。

(4) 自动切割机：切割能力需满足每班切割约 33900 颗 (按 10g/颗计)，折算处理量为 339kg/班。按切割作业 2.5 小时计算，设备处理能力需求为 135.6kg/h。选用生产能力 1500kg/h 的自动切割机，留有充足余量，可根据生产节奏灵活调速。

2.4.3 辅助设备配置

原料筛选机 (型号 SL-500) 用于去除白砂糖中的结块和异物；牛奶净化机 (型号 JH-300) 用于去除鲜奶中的机械杂质和部分微生物；糖料溶解罐 (型号 RJ-1000, 2 台) 用于糖的溶解和暂存；配料混合机 (型号 HH-800) 用于各原料的充分混合；成品筛选机 (型号 SX-600) 用于切割后不合格品的剔除；自动包装机 (型号 BZ-80) 用于奶糖颗粒的单粒封装；CIP 清洗系统 (型号 CIP-500) 用于设备和管道的自动清洗；原料储存罐 (型号 CC-2000, 4 台) 用于牛奶、糖浆等液态原料的暂存；输送提升机 (型号 TS-30, 2 台) 用于物料的垂直和水平输送。

2.5 公用工程消耗估算

2.5.1 耗冷量估算

奶糖生产中的耗冷主要集中在冷却定型环节，该工序的耗冷量约占总耗冷的 70% 以上。根据热力学原理，冷却定型所需移除的热量包括糖料显热的释放和相变潜热的释放两部分。本设计中糖料从约 70℃ 冷却至约 28℃，温差约 42℃，糖料比热容按 1.8kJ/(kg·K) 估算，每班处理量约 175.6kg，则每班需移除显热约 175.6 × 1.8 × 42 ≈ 13275kJ，折合约 3.7kWh。考虑冷却过程中的热损失和制冷机组的工作效率，实际耗冷量约为理论值的 2 ~ 3 倍。

综合上述计算，参考同类企业的实际运行数据，本设计耗冷量估算值为 18 ~ 28kW，峰值耗冷可达 35kW。按日产 0.334 吨、生产 16 小时计算，制冷系统年耗电量约为 3.6 万 kWh。

2.5.2 耗水量计算

生产用水主要包括工艺用水 (原料溶解、设备清洗) 和生活用水两部分。

· 工艺用水：主要用途包括白砂糖溶解用水、设备及管道清洗用水 (采用 CIP 系统)、车间地面冲洗水等。根据设备选型和清洗频次，估算单次 CIP 清洗用水量约 10 吨，设备表面冲洗用水量约 5 吨，地面冲洗用水量约 3 吨，合计单次清洗用水约 18 吨。每 5 天进行一次全面清洗，全年清洗 60 次，年工艺用水量约 1080 吨。

· 生活用水：按全厂职工 50 人计，人均日用水量 50L，年工作 300 天，则年生活用水量为 50 × 50 × 300 ÷ 1000 = 750 吨。

全年总用水量约 1830 吨。

2.5.3 耗电量计算

生产线各设备总装机功率约 85kW，同时运行系数取 0.6，实际运行功率约 51kW，每日运行 16 小时，日耗电量为 51 × 16 = 816kWh，年耗电量为 816 × 300 = 24.48 万 kWh。

其中生产设备 (熬糖、混合、均质、切割、包装等) 约占总耗电的 65%，制冷系统约占 20%，照明、通风、办公等辅助配套约占 15%。

3 结果与讨论

3.1 关键工艺参数对产品品质的影响机理

3.1.1 熬煮温度对奶糖质构和风味的影响



熬煮温度是决定奶糖最终品质的核心工艺参数之一。从食品化学的角度分析,熬煮过程涉及多个并行发生的物理化学变化:水分蒸发导致糖浓度升高和体系粘度增加;蔗糖在酸催化下水解为葡萄糖和果糖,改变了体系的糖组成和结晶行为;乳蛋白在加热条件下发生变性和聚集,影响凝胶网络结构的形成;美拉德反应和焦糖化反应生成多种风味化合物,赋予产品特有的色泽和香气。

本设计将熬煮终温设定在115~125℃范围内,这是基于以下考虑:温度低于115℃时,体系水分含量偏高(>5%),糖料粘度过低,后续冷却成型困难,成品易粘连且保质期缩短;温度高于125℃时,美拉德反应和焦糖化反应过于剧烈,产品色泽过深、带有焦苦味,同时乳清蛋白过度变性导致其营养价值和乳化性能下降。在115~125℃范围内,通过调节升温速率和搅拌强度,可以精细控制反应程度和最终产品特性^[13]。

3.1.2 均质压力对奶糖微观结构和口感的影响

高压均质的作用机理在于,在高压条件下物料以极高的速度通过狭缝,受到强烈的剪切力、撞击力和空穴效应,使脂肪球和蛋白质聚集体被破碎至极细的尺寸(通常为1~10 μm)。本设计采用的20~30 MPa均质压力属于中高压范围,在该条件下处理后,奶糖的微观结构得到明显改善:脂肪球均匀分散于连续的糖基质中,蛋白质颗粒细化,形成了更加致密和平滑的凝胶网络。这种微观结构的变化反映在口感上,表现为细腻顺滑、无砂质感,风味释放更加均匀持久。

值得注意的是,均质温度需与压力协同控制。本设计将均质温度设定在65~70℃,在此温度下脂肪相完全融化,有利于细化破碎;同时该温度低于乳清蛋白的热变性临界温度(约75~80℃),可避免蛋白质过度变性和聚集,保持体系的稳定性。

3.1.3 冷却速率对奶糖结晶行为的影响

奶糖的冷却过程本质上是过饱和糖溶液的结晶过程。根据结晶动力学理论,过饱和度、温度和杂质是影响晶体成核和生长的三个关键因素。快速冷却可使体系在短时间内达到较高的过饱和度,促进大量细小晶核的形成,最终获得细腻的微观结构;慢速冷却则倾向于形成粗大晶体,导致产

品口感粗糙^[14]。

本设计采用强制通风冷却方式,通过调节冷却风温度和输送带速度来控制冷却速率。冷却风温度控制在10~15℃,输送速度控制在0.5~1.0 m/min,使糖料在30~40分钟内从约70℃降至25~30℃。该冷却曲线实现了先快后慢的降温模式:初始阶段快速降温有助于形成细小晶核,后期降温减缓有利于晶体均匀生长,最终获得理想的口感和外观。

3.2 质量控制体系的建立

本设计基于HACCP原理,对生产全流程进行了危害分析,确定了以下关键控制点(CCP)及其控制措施:

(1) CCP1-原料验收:鲜奶的细菌总数和抗生素残留是主要危害。控制措施包括对每批原料进行抽样检验,验收不合格一律拒收,合格后方可进入后续工序。

(2) CCP2-熬制浓缩:熬煮温度和时间不足会导致水分含量超标,微生物可能存活或后续繁殖;温度过高则产生有害的焦化产物。控制措施为采用自动控温系统,设定温度上下限报警,每批检测水分含量。

(3) CCP3-冷却定型:冷却不充分会导致产品中心温度过高,可能为嗜热菌提供生长条件。控制措施为监测输送带出口处糖坯中心温度,确保降至室温以下。

(4) CCP4-包装密封:包装密封性不良会导致产品吸潮、氧化和污染。控制措施为定期检测包装的热封强度和密封完整性,每批次抽检不少于10个样品。

3.3 车间布置设计分析

3.3.1 车间洁净分区的设计依据

根据GB 14881《食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范》的要求,食品生产车间应根据清洁度要求划分为不同等级的区域。本设计中,车间布局体现了“人流、物流、气流”三流分离的原则:

·一般清洁区:包括原料验收区、原料储存区和预处理区。该区域的主要危害来自原料本身携带的污染物,需设置缓冲间,并配备必要的除尘和除虫设施。



·准清洁区：包括配料混合区、熬煮区和均质区。该区域涉及加热杀菌工序，对微生物有较好的控制效果，但仍需注意操作人员的卫生管理和设备表面的清洁。

·清洁区（高清洁区）：包括冷却定型区、切割区和内包装区。该区域的产品已不再经过杀菌工序，因此对空气洁净度、人员卫生和设备卫生的要求最高，需设置空气净化系统，保持正压环境。

3.3.2 排水设计与卫生保障

车间排水系统的设计直接关系到卫生状况的维持。本设计采用以下措施：车间地面向排水口方向设置1.0%~1.5%的坡度，确保冲洗水快速排出，避免积水；排水沟为明沟形式，上盖不锈钢篦子，沟底为圆弧状，内壁贴瓷砖，便于清洗和消毒；排水管道采用大口径设计，避免堵塞，管道系统设有水封和存水弯，防止异味和虫害通过排水系统侵入车间。

3.4 厂区总平面布置方案

3.4.1 厂址选择的依据

厂址选定于新疆阿瓦提县阿依巴格乡，主要基于以下优势：该地区为重要牧区，优质鲜奶资源丰富，原料采购半径小，运输成本低，且可最大程度减少运输过程中的品质劣变；临近县级主干道，可衔接国道网络，成品外运便利；该地区工业企业较少，空气清新，水源洁净，满足食品工厂对环境的卫生要求；当地政府对农产品加工企业有扶持政策，可降低运营成本。

3.4.2 功能分区与布局

总平面布局以生产车间为核心，划分为四个功能区：

·生产区：位于厂区中央，包括原料处理车间、熬煮车间、成型车间、包装车间、CIP清洗车间、制冷车间和成品暂存库。各车间按工艺流程顺序排列，实现物流的顺畅流转。

·厂前区：位于厂区上风向（主导风向），包括办公楼、门卫室、停车场、产品展示厅和职工食堂。该区域环境整洁，对外联系方便。

·公用工程区：包括配电室、锅炉房（若需）、水泵房和机修车间。该区域靠近生产车间以缩短管线长度，但应位于生产区的侧风向。

·储运区：位于厂区后部或侧方，靠近货运出

入口，包括原料仓库、辅料仓库、成品仓库和地磅。该区域与生产区通过专用通道连接，便于物料运输，且不对生产区造成干扰。

4 结论

本设计从系统工程的角度，完成了年产100吨奶糖加工厂的完整设计方案。通过上述研究与分析，可以得出以下结论：

第一，确定的“原料预处理→配料混合→熬制浓缩→高压均质→冷却定型→切割分块→包装”工艺流程，在理论上具有充分的科学依据，在实践上具备良好的可操作性。该流程通过分段式精确控制温度和压力，有效平衡了风味生成、质构形成和营养保留三方面的要求，是保障奶糖产品品质稳定性的可行技术路线。

第二，基于详尽的物料衡算完成的设备选型，实现了各工序生产能力的协调匹配。关键设备如熬糖锅、均质机、冷却输送带和切割机的处理能力均经过定量计算，并与班产目标精准对应，既避免了设备能力不足导致的生产瓶颈，也防止了过度配置造成的投资浪费。

第三，将HACCP原理系统性地引入工厂设计全过程，在原料验收、熬制浓缩、冷却定型和包装密封等关键节点设置了科学的监控措施和纠偏方案，为保障产品的微生物安全性和品质一致性建立了制度框架和硬件基础。

第四，车间和厂区布局遵循了食品安全法规和现代工厂设计的先进理念，通过合理的洁净分区、科学的排水设计和优化的总图运输规划，实现了人流、物流和气流的有序分离，为工厂的合规运营、卫生管理和节能降耗提供了空间与设施保障。

本设计的研究成果可为中小规模奶糖加工企业的新建或改扩建工程提供理论参照和实践指导。未来的研究工作可进一步聚焦于智能化制造技术的应用、清洁生产与碳中和路径的探索，以及基于消费者感官偏好的品质调控体系的构建。

参考文献：

[1] 张美倩, 李思岐, 刘欣, 等. 芒果奶糖的加工工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2017(33): 142-144.

[2] 中国食品工业协会糖果专业委员会. 中国糖果行业发展趋势报告[R]. 北京: 中国食品工业协会, 2023.



- [3] 楚朝阳, 张慙, 李瑞杰. 加工工艺及参数对奶糖品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(06): 561-567.
- [4] 姚青云. 膨松型奶糖的加工技术[J]. 食品科学, 1993(04): 65-68.
- [5] 策力格尔. 酸马奶味乳清奶糖的配方、工艺优化及品质特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [6] 陈炯. 传统奶糖保质期的研究[J]. 工业微生物, 2017, 47(03): 46-51.
- [7] 沈彦昆. 改进奶糖品质的探讨[J]. 食品工业, 1998(06): 22-24.
- [8] 郑拯. 果冻奶糖的生产工艺[J]. 致富之友, 1995(01): 27.
- [9] 陈香芝. 改善奶糖和软糖品质和功能性的配方及工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- [10] 张殿敖. 砂质奶糖及其生产方法[P]. 中国专利: CN1112045A, 1995.
- [11] 李国基, 王明. 高压均质技术在乳制品加工中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(05): 215-220.
- [12] 赵晋府. 食品工艺学[M]. 第2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- [13] 刘通讯, 孙宝国. 食品化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [14] Hartel R W, Ergun R. Crystallization in foods[J]. Food Science and Technology, 2011, 23(05): 121-130.
- [15] 中华人民共和国卫生部. GB 14881-2013 食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [16] 国家市场监督管理总局. GB 25190-2010 食品安全国家标准 灭菌乳[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] 国家市场监督管理总局. GB 17399-2016 食品安全国家标准 糖果[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 杨公明, 李华. 食品工厂设计基础[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015.
- [19] 许学勤, 李艳. 食品工厂机械与设备[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2018.
- [20] Sanderson G R. Gums and their use in food systems[J]. Food Technology, 1996, 50(03): 81-84.
- 作者简介: 陈圻(2005-), 男, 汉族, 福建厦门人, 吉林省长春大学食品科学与工程学院本科在读学生, 主要研究方向为食品科学与工程。