

生鲜农产品冷链储运技术装备发展研究

杨天阳^{1,2}, 田长青¹, 刘树森³

(1. 中国科学院理化技术研究所, 北京 100190; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 中关村绿色冷链物流产业联盟, 北京 100055)

摘要: 冷链储运技术装备是维持生鲜农产品品质并提高流通效率的重要途径, 对于保障食品安全、提高农业收入具有重要意义。本文在分析我国冷链储运技术装备需求的基础上, 梳理了我国冷链储运技术装备的发展现状, 总结了我国生鲜农产品冷链储运技术装备相比于发达国家存在的差距与问题; 基于德尔菲法与实地调研, 研判了我国生鲜农产品冷链储运技术装备发展的关键技术、重点任务、重大工程。针对我国生鲜农产品冷链储运技术装备存在的产地专业化预冷设施匮乏、冷藏运输装备匮乏、速冻技术装备落后、关键技术研发滞后、冷冻冷藏设施建设不规范、冷链基础设施建设不足等问题, 提出了发展规划“三步走”技术路线, 以期我国生鲜农产品冷链储运技术装备到 2025 年能够初步实现高效化与标准化, 到 2035 年能够实现信息化与智能化, 到 2050 年能够实现智慧化与无人化。

关键词: 生鲜农产品; 冷链储运技术; 冷链装备; 德尔菲法

中图分类号: S-1 **文献标识码:** A

Technology and Equipment for Cold-Chain Storage and Transportation of Fresh Agricultural Products

Yang Tianyang^{1,2}, Tian Changqing¹, Liu Shusen³

(1. Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Zhongguancun Cold Chain Logistics Alliance, Beijing 100055, China)

Abstract: Technology and equipment for cold-chain storage and transportation is critical for maintaining the quality and improving the circulation efficiency of fresh agricultural products and strategically important for ensuring food safety and increasing agricultural income. In this article, we analyze the demand for cold-chain storage and transportation technology and equipment in China, summarize the current status, and present the gaps between China and developed countries in this regard. Moreover, we clarify the key technologies, key tasks, and major projects for the development of cold-chain storage and transportation technology and equipment for fresh agricultural products using the Delphi method and field research. The major problems faced by technology and equipment include lack of specialized pre-cooling facilities in places of production, lack of refrigerated transportation equipment, backward

收稿日期: 2021-04-25; **修回日期:** 2021-06-18

通讯作者: 田长青, 中国科学院理化技术研究所研究员, 研究方向为食品冷链技术与装备; E-mail: chqtian@mail.ipc.ac.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“智慧农业发展战略研究”(2019-ZD-05)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

quick-freezing technology and equipment, lagging research and development of key technologies, non-standardized construction of refrigeration and cold-storage facilities, and insufficient cold-chain infrastructure. Furthermore, we propose a three-step technical route for the development of the technology and equipment: achieving high efficiency and standardization by 2025, informatization and intelligence by 2035, and intelligence and automation by 2050.

Keywords: fresh agricultural products; cold-chain storage and transportation technology; cold-chain equipment; Delphi method

一、前言

近年来,随着人们对食品品质 and 安全的重视以及各级政府的大力支持,我国生鲜农产品冷链储运技术装备得到了快速发展。冷链储运在迅速崛起的同时,也暴露出技术水平低、安全隐患多、冷藏运输设备匮乏、物流信息“断链”等一系列问题。此外,新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情的发生,对冷链行业的发展提出了新的挑战。为保证冷链流通中的食品安全,亟需研究具有杀菌抗菌功能的冷链技术,发展安全高效的全程冷链技术装备体系。

冷链储运技术装备主要分为冷加工技术装备、冷冻冷藏技术装备、冷藏运输技术装备、冷藏销售技术装备。在果蔬冷加工方面,现阶段我国仍以浸入和喷淋的预冷方式为主,对于肉类则主要采用螺旋预冷机进行预冷。在速冻环节,基于液氮的直接接触式速冻技术装备应用最为广泛。我国冷冻冷藏技术装备发展较早,果蔬冷冻冷藏的自动化程度要高于肉类,但仍存在很多问题。冷藏运输装备技术匮乏是目前制约我国冷链发展的主要因素;冷藏运输方式主要以陆地运输为主,随着“一带一路”倡议的实施,生鲜电商、跨境食品贸易等市场的崛起,铁路、水路、航空等冷藏运输方式将发挥更大作用[1]。

发展生鲜农产品冷链储运技术装备,是贯彻新时代高质量发展的必然要求,也是实现健康中国的重要保障。目前,有关我国生鲜农产品冷链储运技术装备发展的研究还较少。本文在对我国生鲜农产品冷链储运技术装备进行需求分析的基础上,结合发展现状,梳理我国与世界先进水平之间存在的差距及面临的主要问题;总结冷链储运技术装备未来发展的关键技术、重点任务、重大工程,以期面向2050年的行业重点发展方向提供论证支撑。

二、冷链储运技术装备需求分析

(一) 宏观需求

我国人口众多,既是生鲜农产品的消费大国,也是生产大国。西部地区拥有得天独厚的自然条件,是优质的农产品生产基地;为解决西部地区农产品“滞销浪费”、东部地区“短缺价高”问题,我国形成了典型的“西果东送”农产品流通格局。北方地区冬季气候寒冷,无法进行正常的农作物耕种,但人口较多、果蔬需求量大;为缓解冬春淡季果蔬的供需矛盾,广西、海南、云南等省份积极支持“南菜北运”发展。据调查,我国每年生鲜农产品的总调运量超过 3×10^8 t,综合冷链流通率仅为19%;食品在流通环节中的损失严重,以果蔬、肉类、水产品为例,流通腐损率分别为0%~30%、12%、15%。大量生鲜农产品在产销过程中的损耗和变质,造成了社会资源的巨大浪费,每年直接经济损失高达6800亿元[2,3]。为了降低流通过程中的腐损率,必须对生鲜农产品的生产、加工、储藏、运输、销售等各环节的温度进行严格控制,冷链储运技术装备是降低生鲜农产品流通损耗率、保障食品品质及安全的重要保障。

(二) 技术需求

1. 冷链环境精确控制技术装备

冷藏储运环境对生鲜农产品品质的影响很大,表征环境的主要参数有温度、湿度、气体浓度、风速、压力、光强度及相关参数的波动等。不同种类生鲜农产品的冷藏储运环境各不相同,需要开展冷藏储运环境下的生鲜农产品品质研究,探究不同冷藏储运条件、不同成熟度果蔬、不同加工工艺生鲜农产品的品质变化规律,为冷冻冷藏工艺、冷链装备研发提供理论基础。综合运用制冷系统容量调节、均匀供冷末端设备、气流组织优化等技术,发展储运环境参数精准控制的冷链储运装备。

2. 冷链环保化、节能化技术装备

研制环保、高效、可持续的冷链储运装备是当前冷链行业的重要任务。在寻求零消耗臭氧潜能值(ODP)、低全球变暖潜能值(GWP)环保制冷工质的同时,还应注重与新工质相对应力循环的基础研究,提高制冷系统能效。大力发展低温环境强化换热、低温环境下蒸发器抑霜除霜、物理场辅助冻结、变容量制冷、冷热一体化、可再生能源和自然冷能利用等技术,开发全程冷链各环节高效冷链装备。

3. 冷链自动化、信息化、智能化、智慧化技术装备

随着大数据和人工智能(AI)的快速发展,自动化、信息化、智能化、智慧化将是未来冷链储运技术装备的发展方向。发达国家在冷链储运技术装备方面已经具备先进技术与管理经验,如美国、日本以及一些欧洲国家积极发展将智能化技术与传统冷库技术相结合的智慧冷库,实现智能化、无人化、高效化生产经营管理。我国在冷链自动化、各环节监控与管理方面有着重大需求,同时在第五代移动通信(5G)、大数据、AI等方向具有一定技术优势,应把握机遇,努力达到世界领先水平。

4. 冷链杀毒抗菌技术装备

2020年6月,新发地农产品批发市场出现的COVID-19疫情让食品安全问题受到社会广泛关注,为我国冷链行业带来了新的挑战。肉类和水产冷冻保质需要的低温条件,客观上为SARS-CoV-2病毒存活提供了有利条件。因此,亟需研究具有杀毒抗菌功能的冷链技术,发展安全高效的全程冷链技术装备体系,实现生鲜农产品病毒消杀和品质保障,进而有效控制流行性疾病通过冷链的传播,提升食品安全和公共卫生水平。

三、我国冷链储运技术装备发展现状

(一) 生鲜农产品冷加工技术装备

我国是世界最大的果蔬生产与消费国家;果蔬成熟采摘后,往往不经过预冷处理而直接在常温下进行长途运输,使得果蔬采后流通损失严重。据调查,江苏省、天津市、海南省等地采用向冷水池中投入冰块的方式使水温接近 0°C ,然后采用人工方式将装有蔬菜的塑料筐浸入冰水池中,以此实现蔬

菜的预冷;广州市从化华隆果菜保鲜有限公司利用接触式冷水冷却装备(见图1)对荔枝进行产地冷水预冷;山东省烟台市采用喷淋式冷水预冷装备来预冷樱桃,且不断对预冷技术装备进行改进,推广应用到省内的五莲县、厉家寨、泰安市以及河南省、陕西省、四川省等樱桃产区[4]。

随着国家经济的持续增长,近些年我国畜禽年产量持续保持在 $8\times 10^7\text{t}$ [5]。工程领域围绕肉禽冷却工艺相关的设备技术开展研究,如猪胴体分段冷却技术,可使冷却阶段的干耗减少30%~50%。建造常规冷却间所需的设备、材料和技术都实现了国产化,但为了提升自动化水平、进一步降低物耗和能耗,部分设备和元器件还需进口。随着肉禽生产效率和品质要求的进一步提高、设备国产化带来的成本持续降低,新建工厂大多采用螺旋预冷机(见图2)。

(二) 生鲜农产品速冻技术装备

国内采用的速冻装置大致分为鼓风式速冻装备、间接接触式速冻装备、直接接触式速冻装备。鼓风式速冻装备包括隧道式速冻装备、螺旋式速冻



图1 果蔬冰水预冷设备



图2 螺旋预冷机

装备、流态化速冻装备；间接接触式速冻装备涉及平板式、钢带式、回转式，其中平板式速冻装备应用更为广泛；直接接触式速冻装备包括浸渍式、喷淋式，其中基于液氮的直接接触式速冻设备应用最为广泛。液氮喷雾、液氮浸渍等装置应用于草莓、白灵菇、青刀豆、西兰花等的保鲜，能够对其中的多酚氧化酶（PPO）、过氧化物酶（POD）活性产生明显影响 [6,7]。然而完全采用液氮冻结附加值不高的果蔬是不经济的，应考虑采用液氮制冷与机械制冷相结合的联合制冷方式。不同种类食品对速冻技术装备的要求有所差别，需对果蔬、水产品、畜禽类、方便食品的速冻工艺进行深入研究，科学确定特定种类食品的最优速冻工艺。

（三）生鲜农产品冷冻冷藏技术装备

冷冻贮藏技术装备主要服务于肉类加工行业、水产品加工行业、果蔬类加工行业。肉类联合加工厂的生产性冷库库温设计多为 0°C 或 -18°C ~ -20°C ；前者用于冷却肉或低温肉制品暂存，后者用于冻品存储。水产加工厂生产性冷库的设计库温通常在 -20°C 以下，产品用于出口时往往设为 -23°C ~ -25°C 。果蔬加工分为鲜销和深加工两类，鲜销的加工过程一般包括原料整理、分级拣选、包装、入库冷却冷藏等工序；深加工主要包括速冻和净菜，其中速冻生产在物料速冻前还涉及清洗、漂烫、冷却等工序，净菜生产涉及清理、清洗甚至消毒和鲜切等工序。鲜销类的果蔬加工厂主要包括冷却和冷藏两种模式；冷却模式用于短期暂存品种，主要是应季果蔬在采摘后快速冷却，或提供基于冰瓶、冰袋的保温包装，以便在随后的运输过程中减少损耗。果蔬冷冻冷藏设施与肉类联合加工厂类似，所不同的是速冻蔬菜加工厂的冷却环节采用冰水，速冻环节全部采用速冻机，自动化程度普遍高于肉类冷冻。

（四）生鲜农产品冷藏运输技术装备

目前，我国冷藏运输方式以陆地运输为主，公路冷链运输市场需求旺盛，运输货物周转量逐年递增。在市场需求增加、国家政策支持的情况下，我国铁路冷藏运输发展整体取得了突破性进展，铁路冷藏运输基础设施建设、铁路冷藏运输

新线路开通、铁路冷藏运输时间优化等方面均有明显改善，铁路冷链物流的运送能力得到大幅提升，尤其是长距离冷藏运输优势日益明显。2016年，中国国家铁路集团有限公司发布的《铁路冷链物流网络布局“十三五”发展规划》提出，到2020年铁路冷藏运输量约为 2×10^7 t，冷库容量规模约为 3×10^6 ~ 5×10^6 t，冷链物流营业总收入约为500~700亿元；这些发展目标均已实现。随着“一带一路”倡议的实施，生鲜电商、跨境食品贸易等市场的崛起，铁路、水路、航空等冷藏运输方式将发挥更大的优势，多种方式相结合的冷藏运输模式将在冷链物流市场中发挥更重要的作用。

四、我国冷链储运技术装备发展面临的主要问题

（一）产地专业化预冷设施匮乏

据统计，我国果蔬预冷率约为20%，其中绝大部分是通过冷库进行的。冷库不会配置专业化的预冷设施，多数建在批发市场内，导致预冷不及时、预冷时间长、预冷效率低。例如，海南省蔬菜预冷和冷藏周转率平均为9d，气温高、采后不能及时预冷、预冷时间长等因素严重影响了蔬菜品质。目前，产地预冷装备的专业化程度和数量都远无法满足果蔬产地预冷生产的需求。预冷设备自动化程度低、能耗大、生产成本高等，构成了制约预冷技术装备发展的主要原因。

（二）冷藏运输装备匮乏

保温车和冷藏车占我国现有公路冷藏运输装备总量的85%，而保鲜车仅占15%且占比呈下降趋势。随着居民生活水平提高，对生鲜农产品品质的要求日益增长，相应冷藏运输需求增大，保温车、保鲜车、冷藏车的合理比例应为20%、30%、50% [8]。目前我国拥有冷藏运输车辆约 1.8×10^5 辆，虽然冷藏车保有量逐年递增，但相比发达国家在保有量（特别是人均保有量）方面仍有较大差距。随着生鲜农产品产销量的增长，冷藏运输行业将迎来高速发展机遇，但冷藏运输车数量不足在一定程度上制约了行业发展。

（三）速冻技术装备落后

为了满足国内市场需求，近年来我国速冻机生产厂家研制出了多种形式的速冻机，占据了国内 90% 以上的市场份额。然而，国产速冻机在制造水平和设计水平上与国际先进产品相比仍存在较大差距，主要体现在制造工艺、自动控制、材料、可靠性、清洗装置等方面。国产速冻设备的主要问题是能耗大、故障率高，制冷系统能耗占据食品冷冻冷藏企业能耗的大部分，而速冻设备的能耗约占冷冻食品加工厂总能耗的 30%~50% [9]。

（四）关键技术研发滞后

我国冷链体系建设既有“后发优势”，也面临“后发陷阱”。“后发优势”指可以学习并应用发达国家的成熟技术，与市场需求、资本投入、完整的工业制造及工程建造体系共同构成我国冷链建设快速发展的物质基础；“后发陷阱”意味着可能形成技术路径依赖，反而不去探索更加符合国情的技术发展体系。我国冷冻冷藏行业面临难得的发展机遇，但除了二氧化碳制冷系统等个别技术环节，没有形成与发展总量相匹配的技术突破 [10]，成为制约行业发展由量变转向质变的一个关键因素。

（五）冷冻冷藏设施建设不规范

我国冷冻冷藏行业几乎全部采用蒸汽压缩制冷技术，相关制冷剂多是危化品。大量的多层土建冷库采用氨冷排管，氨制冷剂充注量往往多达数十吨甚至上百吨 [11]，如果同时存在建造不合标、设施老旧、管理不善等问题，发生安全事故的风险较高 [12]。受经济利益驱使，实际设施完全符合全程冷链要求的比例并不高，冷藏温度不达标、冷链“断链”、无任何卫生防护措施等现象比比皆是；即使不发生食品安全事故，也会损害食品品质。

（六）冷链基础设施建设不足

冷链的流通效率与全程冷链体系依赖于完备的冷链基础设施建设。目前，我国冷链运输设施建设水平不高，公路、铁路、水运网络难以实现无缝对接；缺乏以信息技术为核心，以储运设备机械化、包装自动化等为支撑的现代化物流装备技术体系 [13]，使得冷链“断链”现象严重且难以避免。

五、我国冷链储运技术装备发展规划与重大工程

（一）发展规划

冷链储运装备的发展依赖于关键技术的突破。本研究根据德尔菲法的调查结果，统计形成了我国生鲜农产品冷链储运装备关键技术清单（见图 3），主要包括产地冷加工、冷藏储存、冷藏运输、冷藏销售、全程冷链等 5 个一级技术以及 29 个具体的二级技术。

未来 30 年，我国生鲜农产品冷链储运技术装备的发展分为 3 个阶段，即 2020—2025 年、2025—2035 年、2035—2050 年。每一阶段都有相应的发展规划、关键技术、重点任务、重大工程（见图 4），能够支持生鲜农产品冷链储运技术装备的稳步、有序、可持续发展。

1. 2025 年发展规划

针对生鲜农产品冷链储运技术装备方面存在的温湿度波动大、能耗高、自动化及标准化程度低等问题，到 2025 年应突破以下关键技术：①典型生鲜农产品冷加工工艺，高效差压预冷技术，低温天然工质快速冻结技术；②农产品冷藏环境温湿度精准保障技术，生鲜农产品干耗控制技术，农产品冰温环境保障技术；③冷藏运输过程中农产品品质监控技术，冷藏运输用蓄冷技术，基于纯电动/燃料电池汽车的冷藏运输技术；④天然工质低能耗冷柜技术，生鲜配送柜技术，移动式生鲜自动售货技术；⑤基于 5G 的全程冷链信息化技术。据此构建生鲜农产品标准化、智能化的产地冷加工装备研制体系，建立低能耗低成本冷藏储存装备研制体系和自动化冷链物流园区，初步实现生鲜农产品冷链储运技术装备的高效化、标准化、智能化。

2. 2035 年发展规划

立足前一阶段技术和装备进展，分析温度流、能量流、品质流、价值流的相互影响，突破以下关键技术：①物理场辅助冷加工技术，基于云平台 and 大数据的预冷共享系统；②可再生能源和自然冷能利用技术，近零能耗农产品冷藏保鲜技术，采用环境友好型制冷剂的高效制冷技术，智慧冷库技术；③应用于冷藏车的太阳能驱动制冷技术，液化天然气（LNG）驱动冷藏运输技术，液态空气驱动冷藏运输技术；④环保低能耗智慧冷柜技术；⑤绿色冷

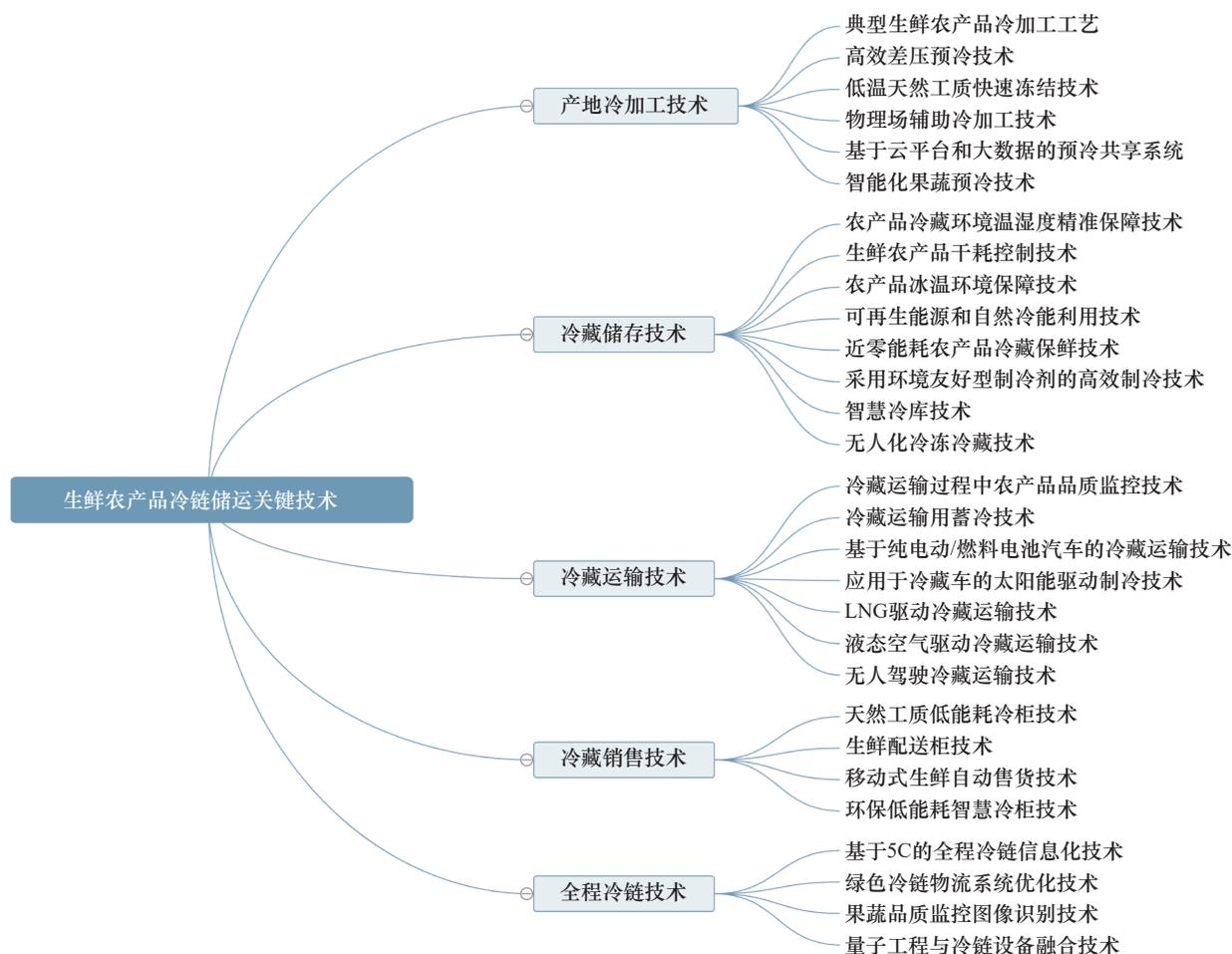


图3 我国生鲜农产品冷链储运装备关键技术

链物流系统优化技术、果蔬品质监控图像识别技术。据此建立绿色可持续智慧冷链储运装备研发体系及智慧冷链物流中心，发展生鲜农产品全程智慧绿色冷链体系，实现生鲜农产品冷链储运技术装备可持续化、信息化、智慧化。

3. 2050年发展规划

在前期生鲜农产品冷链储运技术装备可持续化、信息化、智慧化研究基础上，突破以下关键技术：无人化智能化果蔬预冷技术，无人化冷冻冷藏技术，无人驾驶冷藏运输技术，量子工程与冷链设备融合技术。据此建立生鲜农产品无人冷链园区和无人智慧全程冷链体系，实现我国生鲜农产品冷链储运技术装备信息化、智慧化、无人化。

(二) 重大工程

1. 冷链储运智慧管控平台建设

因此，提升我国生鲜农产品冷链保质保鲜能力，

降低产地损耗率或滞销率，推进冷链节本增效具有重大意义。针对农产品智慧供应链冷链损耗率高、储运环境复杂和供应链上下游信息不透明等问题，发展智慧冷链数据深度感知、保质储运智能化和可信区块链技术，研制冷链物流智慧监管云服务平台、农产品保质储运智能调控系统、农产品供应链信用评价与监管区块链云平台等。

研究时间-环境-品质耦合下的品质变化规律，保质储运智能化品质预测技术、储运过程环境实时感知及调控技术、全程质量安全控制系统，解决当前冷链物流信息化建设与智能设备研发中的突出问题。基于大数据技术应用的新型农产品供应链协调平台获得明显进展，引导形成保质储运成套智能化技术体系，为构建易腐农产品流通品质控制方法体系、冷链物流大数据应用平台并进行应用示范提供技术保障。合理降低进口产品依存度，我国冷链无人自主化监管水平整体接近发达国家。

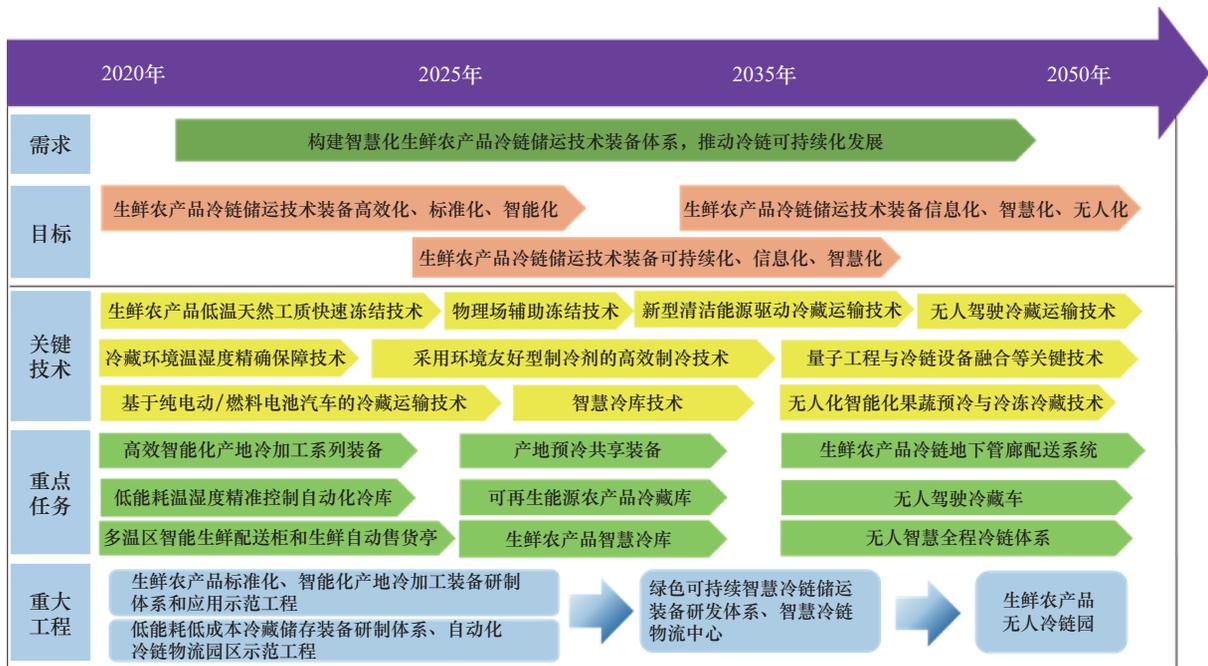


图4 我国生鲜农产品冷链储运装备发展技术路线

2. 环保仓储枢纽建设

在冷链物流绿色化方面，提升新能源冷藏运输车辆占比，提高冷库面积利用率；采用可循环回收的冷链包装，开展冷链物流绿色化综合试验，减少冷链物流二氧化碳排放，提高资源利用率。建设农产品重点地区骨干冷链物流基地，打造区域农产品冷链物流枢纽，提升肉、奶、蔬菜、水果等鲜活农产品供应能力。

3. 冷链物流标准化建设

我国冷链标准体系应在明确冷链主体的基础上，汇总共性流通条件；按照冷链流通主体的保鲜需求，全面梳理现有标准体系，制定/修订符合现代流通需求的冷链装备与设施技术标准。高度重视相关产品标准的分类制定/修订，对照现有国家和行业标准进行细致梳理，研究构建冷链装备产品标准体系。

六、我国冷链储运技术装备发展建议

(一) 实施科技研发专项

1. 开发高效、精准环控冷链装备

为了支撑我国冷链物流产业的可持续发展，建议开展生鲜农产品与不同冷却介质的传热传质过程和气流组织优化等基础研究，开发混合工质内复叠、

变容量制冷、高精度控温、多种适应性调温等核心技术，研发适合于低温速冻和冻结的高效换热器、高效果蔬预冷设备、多温区储运设备、气调储藏设备、超低温冷冻与速冻设备、生鲜配送柜、便携式冷藏箱等冷链物流装备。从基础理论到设备设计和开发，多角度、多方面提升冷加工、冷冻冷藏、冷藏运输等环节的技术水平。

2. 攻关冷链物流信息化技术

为了消除冷链物流行业发展的制约性因素，建议开展生鲜农产品流通品质控制方法体系研究；结合冷链物流的特点，开发机器视觉、光谱、电子、力学、超声、生物等类别的传感器，实现生鲜农产品快速、无损、实时监测和检测；加强生鲜农产品储运过程中环境参数和位置感知技术的应用研究，利用温度、湿度、光照、空气含氧量、乙烯含量、硫化氢含量等传感器以及全球定位系统（GPS）、北斗卫星导航定位系统，实现生鲜农产品的全程信息可追溯，促进物流产业各个环节信息共享和协同运作以及社会资源的高效配置。

(二) 健全政策保障体系

1. 大力支持冷链设施建设

建设农产品物流基地，鼓励农产品加工、冷链物流、流通等企业加快保鲜、冷藏、冷冻、预冷、

运输、查验等冷链物流设施建设。因地制宜开展适度规模的经济实用型冷链仓储设施建设,配备节能环保的长、短途冷链运输车辆,改善农产品商品化处理环节的温控设施,提升流动链条的温控能力。建立农产品铁路、公路、水路、航空联合运输网络,发展农产品运输协作中介服务组织,逐步形成冷藏多式联运体系,提高运输综合效益。

2. 积极扶持冷链企业

建立健全银企合作机制,适当加大对冷链物流行业信贷支持力度,满足企业合理资金需求。针对制约冷链物流行业发展的突出短板,鼓励社会资本通过设立产业发展基金等多种方式参与投资建设。降低冷链企业的用水、用电、用气成本,贯彻落实生鲜农产品冷链运输“绿色通道”政策。

3. 保持必要的监管力度

严格执行各类生鲜产品原料处理、分选加工与包装、冷却冷冻、冷库储藏、冷藏运输、批发配送、分销零售等环节的保鲜技术与制冷保温技术标准。鼓励有关企业建立冷链物流数据信息收集、处理和发布系统,加强对冷链物流大数据的分析和利用,逐步实现冷链物流全过程的信息化、数据化、透明化、可视化。对生产、收购、加工、仓储、运输、零售、配送等有关市场责任主体在温控保鲜方面的依法依规经营情况进行常态化抽查并面向社会及时公布。

参考文献

- [1] 尹红媛. 生鲜电商的配送现状与解决方案研究 [J]. 科技经济导刊, 2018, 26(13): 248.
Yin H Y. Research on the distribution status and solutions of fresh food E-commerce [J]. Science & Technology Economic Guide, 2018, 26(13): 248.
- [2] 周远, 田绅, 邵双全, 等. 发展冷链装备技术, 推动冷链物流业成为新的经济增长点 [J]. 冷藏技术, 2017, 40(1): 1-4.
Zhou Y, Tian S, Shao S Q, et al. Develop cold chain equipment technology and promote cold chain logistics to become a new economic growth point [J]. Cold Storage Technology, 2017, 40(1): 1-4.
- [3] Zhao H X, Liu S, Tian C Q, et al. An overview of current status of cold chain in China [J]. International Journal of Refrigeration, 2018, 88: 483-495.
- [4] 马进, 司春强. 中国冷链发展现状及环保潜力 [J]. 世界环境, 2015 (B10): 55-57.
Ma J, Si C Q. Development status and environmental protection potential of China's cold chain [J]. World Environment, 2015 (B10): 55-57.
- [5] 中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会, 国家农产品现代物流工程技术研究中心. 中国冷链物流发展报告 (2018) [M]. 北京: 中国财富出版社, 2018.
Cold Chain Logistics Professional Committee of China Federation of Logistics and Purchasing, National Agricultural Products Modern Logistics Engineering Technology Research Center. China cold chain logistics development report (2018) [M]. Beijing: China Fortune Press, 2018.
- [6] 赵金红, 朱明慧, 温馨, 等. 芒果玻璃化转变与状态图研究 [J]. 农业机械学报, 2015, 46(4): 226-232.
Zhao J H, Zhu M H, Wen X, et al. Study on glass transition and state diagram of mango [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2015, 46(4): 226-232.
- [7] Zhao Y H, Ji W, Guo J, et al. Numerical and experimental study on the quick freezing process of the bayberry [J]. Food and Bioproducts Processing, 2020 (119): 98-107.
- [8] 刘广海, 谢如鹤, 黄欣. 食品冷藏运输装备能耗评价体系构建与分析 [J]. 冷藏技术, 2015 (4): 1-5.
Liu G H, Xie R H, Huang X. Construction and analysis of energy consumption evaluation system for food refrigerated transportation equipment [J]. Cold Storage Technology, 2015 (4): 1-5.
- [9] 隋继学, 张一鸣. 速冻食品工艺学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015.
Sui J X, Zhang Y M, et al. Quick-frozen food technology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2015.
- [10] 马进. CO₂复合制冷系统在国内食品冷冻冷藏行业应用技术路线 [J]. 冷藏技术, 2017 (1): 5-9.
Ma J. The application technology route of CO₂ compound refrigeration system in domestic food freezing and refrigeration industry [J]. Refrigeration Technology, 2017 (1): 5-9.
- [11] 司春强, 唐俊杰, 马进, 等. 我国氨系统冷库安全现状及发展建议 [J]. 制冷技术, 2014 (3):15-17.
Si C Q, Tang J J, Ma J, et al. Safety status and development suggestions for ammonia system cold storage in my country [J]. Refrigeration Technology, 2014 (3):15-17.
- [12] Tian S, Du J L, Shao S Q, et al. A study on a real-time leak detection method for pressurized liquid refrigerant pipeline based on pressure and flow rate [J]. Applied Thermal Engineering, 2016 (95): 462-470.
- [13] 郑彤彤. 国外典型国家农产品冷链物流发展现状与启示 [J]. 中国商论, 2017 (30): 11-12.
Zheng T T. The current situation and enlightenment of the development of cold chain logistics of agricultural products in typical foreign countries [J]. China Business Forum, 2017 (30): 11-12.