



农产品流通可持续发展项目
SUPPORTING SCHEME FOR MSMEs BY BUILDING SUSTAINABLE
AGRICULTURAL FRESH FOOD PRODUCTION AND LOGISTICS IN CHINA

switchasia
GRANTS PROGRAMME



Funded by the
European Union



图片来源: ZHANGSHUBIN

果蔬商品冷链管理

cold chain management for fruits and vegetable products

农产品流通可持续发展项目培训材料 第五册

Supporting Scheme for MSMEs by Building Sustainable Agricultural Fresh
Food Production and Logistics in China

Training Materials Volume 5

2023年3月



摘要

农业是国民经济的基础，农业可持续发展不仅关系着农业本身的发展，而且直接影响到整个国民经济和其他相关产业的发展。因此在农业种植环节中，关注职业健康安全、员工能力提升、公平贸易、减少浪费、生物多样性、温室气体排放等显得尤为重要。

本文围绕CCFA2023年1月1日发布的《食用农产品供应商生产评价要求 植物类》团体标准的框架，结合了国内果蔬种植农场的管理经验，给大家阐述了农业基地可持续发展的内容，并且主要从影响、要求与最佳实践三个维度来进行说明。本文内容涉及了可持续发展中的重点内容，如职业健康和安全、员工培训及能力提升、公平竞争、减少浪费、生物多样性、减少温室气体排放等内容。

2023年3月



目 录

1.市场环境及政策背景.....	1
2.农产品冷链及产地预冷.....	2
3.预冷的重要性及定义	5
4.农产品冷冻冷藏、批发市场及物流配送.....	12
5.冷链运输环节	15
6.冷链物流仓储环节	18
7.零售终端.....	20
8.全程冷链及行业发展趋势.....	24



1.市场环境及政策背景

近年来，我国冷链物流市场规模快速增长，国家骨干冷链物流基地、产地销地冷链设施建设稳步推进，冷链装备水平显著提升。2021年，冷链市场规模超过3800亿元，冷库库容近1.8亿立方米，冷藏车保有量超30万辆，分别是“十二五”期末的2.4倍、2倍和2.6倍左右。但同时，我国冷链物流发展不平衡不充分问题突出，跨季节、跨区域调节农产品供需的能力不足，农产品产后损失和食品流通浪费较多，与发达国家相比还有较大差距。从行业链条看，产地预冷、冷藏和配套分拣加工等设施建设滞后；冷链运输设施设备和作业专业化水平有待提升，新能源冷藏车发展相对滞后；大中城市冷链物流体系不健全，传统农产品批发市场冷链设施短板突出。



进入十四五期间，新建冷库在系统设计及建造上不断向节能化、智能化与信息化方向发展。国家也出台一系列政策、法规，将冷链建设列为补短板工程，全面推动冷库建设从数量到质量的提升。2021年12月，国务院办公厅印发《“十四五”冷链物流发展规划》（下称《规划》），加强顶层设计和工作指导，推动冷链基础设施高质量发展。到2025年，初步形成衔接产地销地、覆盖城市乡村、联通国内国际的冷链物流网络，基本建成符合我国国情和产业结构特点、适应经济社会发展需要的冷链物流体系，调节农产品跨季节供需、支撑冷链产品跨区域流通的能力和效率显著提高，对国民经济和社会发展的支撑保障作用显著增强。

自2020年~2022年，每年的中央一号文件均针对农产品产地提出相关政策支持。例如，2021年4月中旬，农业农村部发文《关于全面推进农产品产地冷藏保鲜设施建设的通知》中央财政支持将农产品产地冷藏保鲜设施建设区域扩大至全国31个省（自治区、直辖市）及新疆生产建设兵团、北大荒农垦集团有限公司、广东省农垦总局、中国融通农业发展集团有限公司（以下简称“各

省”），聚焦鲜活农产品主产区、特色农产品优势区和832个脱贫县，选择产业重点县（市、区）（以下简称“县”），重点围绕蔬菜、水果，兼顾地方优势特色品种开展设施建设，鼓励向832个脱贫县倾斜。在此基础上，择优选择100个产业基础好、主体积极性高、政策支持力度大的蔬菜、水果等产业重点县，中央财政支持开展农产品产地冷藏保鲜整县推进试点，同时支持北大荒农垦集团有限公司、广东省农垦总局、中国融通农业发展集团有限公司推进试点，推动形成绿色、高效、全链条的农产品产地冷藏保鲜服务网络。

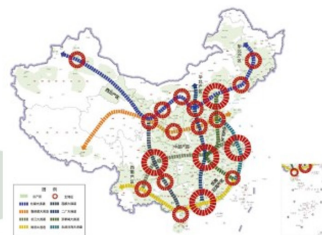
国务院办公厅印发《“十四五”冷链物流发展规划》



2021.12.18 国务院办公厅日前印发《“十四五”冷链物流发展规划》，加强顶层设计和工作指导，推动冷链物流高质量发展

“四横四纵”国家冷链物流骨干通道网络布局示意图

- 产地“最先一公里”的预冷和城市“最后一公里”
- 100个国家骨干冷链物流基地
- 产地预冷率分别实现：肉类85%；果蔬30%；水产品85%
- 推动农产品批发市场冷库改造
- 商超、生鲜连锁店加大零售端冷链设施改造升级
- 提高冷链物流服务能力



2.农产品冷链及产地预冷

果蔬类农产品的冷链是指使水果、蔬菜采摘后在流通加工、储存、运输、配送、销售、到家等环节中，利用温控、保鲜等技术工艺和冷库、冷藏车、冷藏箱等设施设备，始终处于适宜的低温控制环境下，即果蔬从离开田间到消费者餐桌前都处于“冷链”中，以最大限度地保证产品品质和质量安全、减少损耗和污染，采用各种人工制冷保鲜技术的特殊供应链体系。果蔬冷链的一般步骤为：田间采收→快速预冷→冷藏存储→冷藏运输→冷藏销售→最终消费者，这样一条完整的冷链。

任何一种食品在常温下会很快变质或腐坏。如果将食品储藏在合适的条件下，那么可以保证相当长时间不会变质或腐坏。

果蔬商品冷链管理

表1 主要商品的最佳存放温度

名称	含水量	冻结点	贮藏温度	贮藏湿度	贮藏期
		(°C)	(°C)	(%)	天(月)
苹果	85	-2	-1~1	85~90	(2~70)
苹果汁		-1.7	4.5	85	(3)
杏子	85.4	-2	-0.5~1.6	78~85	7~14
龙须菜	94	-2	0~2	85~90	21~28
咸肉(初腌)	39	-1.7	-23~-10	90~95	(4~6)
腊肉(熏制)	13~29		15~18	60~65	
香蕉	75	-1.7	11.7	85	14
干蚕豆	13	1.7	0.7	70	(6)
扁豆	89		1~7.5	85~90	8~10
甜菜	72	-2	0~1.5	88~92	7~42
啤酒	89~91	-2	0~5		(6)
洋白菜	85		0~1.5	90~95	21~28
酪乳	87	-1.7	0	85	(1)
卷心菜	91	-0.5	0~1	85~90	(1~3)
胡萝卜	83	-1.7	0~1	80~95	(2~5)
芹菜	94	-1.2	-0.6~0	90~95	(2~4)
樱桃	82	-4.5	0.5~1	80	7~21
栗子			0.5	75	(3)
巧克力	1.6		4.5	75	(6)
奶油	59		0~2	80	7
黄瓜	96.4	-0.8	2~7	75~85	10~14
鲜鱼	73	-1~-2	-0.5~4	90~95	7~14
冻鱼			-20~-12	90~95	(8~10)
葡萄	82	-4	-1~3	85~90	(1~4)
冰淇淋	67		-30~-20	85	14~84
人造奶油	17~18		0.5	80	(6)
牡蛎	80	-2.2	0	90	20
柠檬	89	-2.1	5~10	85~90	(2)
莴苣	94.8	-0.3	0~1	85~90	(1~2)
玉米	73.9	-0.8	-0.5~1.5	80~85	7~28

果蔬商品冷链管理

名称	含水量	冻结点	贮藏温度	贮藏湿度	贮藏期
		(°C)	(°C)	(%)	天(月)
柑桔	86	-2.2	1~2	75~80	(1~3)
甜瓜	92.7	-1.7	2~7	80~90	7~56
牛奶	87	-2.8	0~20	80~95	7
羊肉	60~70	-1.7	0	80	10
冻羊肉			-12~-18	80~85	(3~8)
洋葱	87.5	-1	1.5	80	(3)
桔子	90	-2.2	0~1.2	85~90	56~70
桃子	86.9	-1.5	-0.5~1	80~85	14~28
梨	83	-2	0.5~1.5	85~90	(1~6)
青菠萝		-1.5	10~16	85~90	14~28
菠萝	85.3	-1.2	4~12	85~90	14~28
猪肉	35~42	-2.2~-1.7	0~1.2	85~90	3~10
冻猪肉			-24~-18	85~90	(2~8)
土豆	77.8	-1.8	3~6	85~90	(6)
鲜家禽	74	-1.7	0	80	7
冻家禽	60		-30~-10	80	(3~12)
南瓜	90.5	-1	0~3	80~85	(2~3)
兔肉	60	-1.7	0~1	80~90	5~10
冻兔肉	60		-24~-18	80~90	(6)
萝卜	93.6	-2.2	0~1	85~95	14
菠菜	92.7	-0.9	0~1	90	10~14
杨梅	90	-1.3	-0.5~1.5	75~85	7~10
生西红柿	94	-0.9	10~20	85~90	21~28
西红柿	94	-0.9	1~5	85~90	7~12
大头菜	90.9	-0.9	0~1	90	(1~4)
西瓜	92.1	-1.6	2~4	75~85	14~21

果蔬商品冷链管理



如果没有对果蔬进行很好的预冷和冷藏，可能会对果蔬质量带来相当大的品质影响，直接造成经济损失：

- 目前，在我国因冷链缺失所造成的果蔬腐损率达到20~30%；
- 缺乏适合冷链运输储藏的果蔬品相更差，无法卖出好的价格；
- 缺乏冷链贮藏手段的蔬果，无法获得反季节销售的增值；
- 缺乏冷链贮藏运输手段的蔬果，无法覆盖更广、价值更高的销售区域；
- 缺乏合理的冷链存储条件的蔬果，货架更短。

推动冷链高质量发展，是减少农产品产后损失和食品流通浪费，扩大高品质市场供给，更好满足人民日益增长美好生活需要的重要手段。

3.预冷的重要性及定义

对于果蔬来说，在采摘后仍能保持一定的生物活性，即不断的消耗本体储存的能量物质进行呼吸作用。在5~35℃之间，温度每上升10℃，呼吸强度就增大1~1.5倍。因此低温贮存可以降低果蔬的呼吸强度，减少果蔬的呼吸消耗。

对于呼吸高峰型的果蔬（呼吸高峰型果蔬：从生长停止到开始进入衰老之间的时期，呼吸速率突然升高的一些果蔬，如苹果、香蕉、西红柿、酪梨、芒果等），降低温度，不但可降低其呼吸强度，还可推迟其呼吸高峰的出现。

预冷是将采收的新鲜水果和蔬菜在运输、贮藏或加工以前迅速去除田间热和呼吸热的过程，预冷必须在场地采收后立即进行。预冷库按设计容量入满库时，应在24~48小时内将库内果蔬温度降至预冷终止温度，其设计要符合冷藏库一般要求。

3.1 预冷方式及选择

表2 预冷方式对比

预冷方式	描述	适用果蔬	预冷时间
空气预冷 (风冷)	以冷空气为换热介质，将果蔬的热量快速除去的降温过程	所有果蔬	4~24 小时
压差预冷	属于空气预冷的一种，以风机强制循环的冷风为换热介质，在隧道内的专用包装箱或开课包装箱的两侧形成压力差，使冷风高通量穿过果蔬间隙，完成果蔬热量高效出去的降温过程		
真空预冷	在负压状态下，利用水的业态 - 气态的相变吸热原理，使果蔬表面的水分蒸发，迅速除去果蔬热量的降温过程	适用于比表面积大的果蔬，如桑葚、叶菜类果蔬	15~30 分钟

3.2 空气预冷形式

空气预冷为在冷库中，使用冷空气作为媒介对果蔬进行降温，通常采用的冷库形式有普通储藏型冷库、专用的产地预冷库以及压差预冷库。因储藏型冷库的制冷机组配机冷量是针对于储藏流转，其制冷量、风速通常较小，因此降温时间长，预冷效果较差，因此建议使用专用预冷冷库或压差预冷库进行专门的预冷操作，以保证果蔬品质。若在现场条件限制下，只能使用储藏型冷库进行预冷时，每天预冷量建议不超过库容量的10%。

温度要求

不同品种的果蔬，有不同的最佳储藏温度，通常热带水果，如：香蕉、菠萝、芒果等，需要在较高的温度下储存，以免造成冻伤。

湿度要求

新鲜果蔬含水量高达95%，一般失水5%即出现萎蔫和皱缩现象。

预冷库温湿度控制设备

果蔬采摘后需12小时内进入预冷环节，预冷库装货完成后需在48小时内达到规定库温。

温度监测点：

- 冷库温度
- 包装箱或果蔬中心温度

湿度控制：

当湿度低于果蔬适宜湿度下限时，应采取加湿措施，如加湿器等。



以下为使用空气预冷方式预冷果蔬时常用使用温度¹，应根据不同果蔬品类及冷库类型设置库温，且应设置两个及以上测温点，除冷库内空气温度外，还需测量货物包装内部、甚至插入果蔬中心温度进行测量，当中心温度达到预冷终止温度时，预冷结束。

¹ 摘自于《NY/T 4168-2022 果蔬预冷技术标准》

果蔬商品冷链管理

表3 使用空气预冷方式预冷果蔬时常用使用温度

名称	预冷时库温℃		预冷终止温度℃	预冷湿度, %
	预冷库/储藏用冷库预冷	差压预冷库预冷		
苹果	0~2	1~3	2~5	85 ~90
洋梨	0~2	1~3	2~5	85 ~90
葡萄	-1~0	0~1	2~4	90 ~95
猕猴桃	0~1	1~3	2~5	90 ~95
桃	0~1	2~4	4~6	90 ~95
杏	-1~0	1~2	3~5	90 ~95
樱桃	0~1	1~3	3~5	90 ~95
柿子	-1~1	0~2	3~5	85 ~90
枣	-1~0	0~1	2~4	90 ~95
李	0~1	2~4	3~5	90 ~95
石榴	1~2	2~4	3~5	85 ~90
草莓	-0.6~0	0~1	1~2	90 ~95
橙	6~8	8~9	8~9	85 ~90
柑橘	3~4	4~5	5~7	85 ~90
板栗	-1~2	0~1	1~2	90 ~95
无花果	-0.5~0	0~1	2~3	85 ~90
荔枝	1~2	2~3	3~4	90 ~95
龙眼	0~3	2~4	4~5	85 ~90
枇杷	1~2	2~3	3~4	85 ~90
甜瓜	7~8	8~9	9~10	80 ~85
哈密瓜	3~4	5~6	6~7	80 ~85
西瓜	10 ~12	12 ~13	13 ~14	80 ~85
萝卜	0~1	1~3	3~5	95 ~100
胡萝卜	0~1	1~3	3~5	95 ~100
洋葱	-1~0	1~2	2~3	65 ~70
马铃薯	3.5 ~4.5	4~5	5~6	90 ~95
大蒜	-1~0	0~1	1~2	65 ~70
茼蒿	0~1	1~2	2~3	90 ~95
芹菜	0~1	1~2	2~3	90 ~98
白菜	0~1	1~2	2~3	85 ~90

果蔬商品冷链管理

名称	预冷时库温℃		预冷终止温度℃	预冷湿度，%
	预冷库/储藏用冷库预冷	差压预冷库预冷		
西蓝花	-1~0	1~2	2~4	95~100
花椰菜	0~1	1~2	2~3	90~95
菠菜	0~1	1~2	2~3	90~95
甘蓝	0~1	1~2	2~3	95~100
青葱	0~1	1~2	2~3	95~100
豌豆	0~1	1~2	2~3	90~95
豆角	8~10	10~12	12~13	90~95
蒜薹	-0.5~0	1~2	2~3	90~95
番茄	7~10	10~12	12~13	90~95
茄子	10~11	11~12	12~13	85~90
甜椒	9~11	12~13	13~14	90~95
辣椒	0~4	1~5	2~6	60~70
黄瓜	11~13	13~14	14~15	90~95
芦笋	0~2	2~3	3~4	95~100
茭白	0~1	1~2	2~3	90~95

空气预冷时，若库内相对湿度较低则可能引起果蔬失水，严重时可能导致果蔬品质下降，因此冷库内需按预冷品类保证一定的湿度。因冷风机制冷原理与除湿机相同，冷库内空气中的水分会凝结在冷风机盘管上，并随化霜过程排出，蒸发器换热盘管温度越低，除湿效果越明显。因此在冷风机选型时，需保证具有足够的换热面积，减少冷风机换热温差，冷风机换热温差与冷库内相对湿度对应表可参考下图，如湿度低于适宜下限时，则需要配置加湿器等加湿措施。

在空气预冷技术应用方面，虽然压差式预冷设备降温快，冷却均匀且更为节能，但其技术应用相对复杂，压差风机的风压风量选择、流场布置、包装开孔及码垛方式仍需更多深入的研究，且缺乏相应的技术规范和标准，在产地大规模推广仍存在一定困难。因此目前较为常见的专业预冷设备为产地就地配套的组合式预冷库及集装箱式可移动冷箱等，可实现灵活拆装、移动及功能调整，同时具有较高的可靠性和节能性。

果蔬预冷后需要包装运送至冷藏库贮藏（如果预冷库和冷藏库相互独立），产地预冷库与冷藏库（贮藏）对比，预冷库制冷量和蒸发器风量应根据果蔬种类、入库时果蔬温度、终止温度、库房容积、时间等因素综合设定，一般来说预冷库制冷量是普通冷藏库的8~10倍。

当果蔬周转量较小时，预冷库可以兼做冷藏库。但不建议将普通冷藏库作为预冷库，因为制冷量不够，会导致预冷的降温速度不够，无法实现预冷效果，造成果蔬品质下降。



产地预冷及冷藏的区别

产地预冷

- ✓ 预冷库制冷量和蒸发器风量应根据果蔬种类、入库时果蔬温度、终止温度、库房容积、时间等因素综合设定，一般来说预冷库制冷量是冷藏库的8~10倍；
- ✓ 预冷库常见规格有5吨、10吨和20吨，可根据实际需要确定合理的规格；
- ✓ 预冷库适用范围广，还可兼做冷藏库使用(果蔬周转量小时可不用再建冷藏库)；

产地冷藏

设计首先要符合当地规划要求，并且遵守《冷库安全规程（GB28009）》以及《冷库设计规范（GB50072）》有关要求；

冷藏库常见规格有100吨、200吨、500吨和1000吨，可根据实际需要确定合理的规格

产地冷藏库的温度设定选择并非贮存温度越低，贮存效果就越好。每一种果蔬都有它最适宜的贮存温度，即贮存最适温度。在此温度下，最能发挥果蔬所固有的耐藏性和抗病性；低于这个温度，就可能导致冷害，如大多数的南方水果并不适宜在较低温度下贮存。以下为部分果蔬产品最适宜的储藏温度，更多产品保存条件还可参考ASHRAE手册，NHB指南或如FDA 1997（美国食品和药物管理局）的食品标准。

表4 果蔬商品适宜温度

产品	储存温度, °C	相对湿度, %	近似的采后寿命
苹果 (按不同品种而定)	-1 - +4	90 - 95	1 - 6 月
香蕉	13 - 15	90 - 95	1 - 4 周
蒜头	0	65 - 70	6 - 7 月
芒果	13	85 - 90	2 - 3 周
蘑菇	0	90	7 - 14 日
洋葱 (成熟, 干燥)	0	65 - 70	1 - 8 月
洋葱 (青)	0	95 - 100	3 周
橙子	0 - 2	85 - 90	8 - 12 周
鱼, 冷冻	-30 - -20	-30 - -20	6 - 12 月

产地果蔬冷藏库的设计及管理批发物流环节中的冷藏库技术特点基本相同。

3.3 组装式冷库果蔬预冷/贮藏技术要点

组装式冷库果蔬预冷/贮藏简明工艺流程：设备检修→冷库消毒→库房提前降温→适时精细采收→挑选整理→快速预冷→包装→合理堆码→贮藏条件调控→适时通风→出库销售。

1.设备检修

贮藏前需要试运行制冷设备，通过试运行来检查和修理设备，保证设备能正常运行。

2.冷库清扫与消毒（选以下方法之一）

专用库房消毒剂（按说明书使用二氧化氯选用消毒型，按说明书使用臭氧化气体消毒：每100立方米库容配置5克/小时的臭氧发生器，浓度维持7~10ppm，熏蒸8小时以上）过氧乙酸熏蒸（26%过氧乙酸5~10毫升/立方米，多点熏蒸，8~24小时硫磺熏蒸(10克/立方米，12~24小时)。

3.库房提前降温

入库前3天~5天开机降温，温度控制在较蔬菜适宜贮藏温度低2℃的范围内。

4.果蔬适时精细采收

果蔬在达到食用成熟度，即产品器官生长到适于食用的程度，具有该品种的形状、色泽、大小和品质时采收；果蔬采收期的判定要根据蔬菜种类和品种特性、生长状况、气候条件、栽培条件及市场供求状况来综合考虑。

贮藏的果蔬，采前一周应停止灌水，并要避免雨天和雨后采收；使用农药后要间隔一定的安全期限后采收；果蔬采收、转运过程中应小心装卸，尽可能减少碰压等机械伤。

5.挑选整理



挑选整理

根据需要对蔬菜进行挑选、清洗、整修和分级等处理，剔除不能食用部分及有机械伤、枯萎、老化、病虫害和畸形的蔬菜。

6.快速预冷

预冷温度控制范围：高于贮藏适温2℃左右。要求蔬菜在采后12小时内进入预冷环节，通过机械制冷或其他方法使菜体温度快速降至预冷终温。



预冷

7.包装

可采用贮藏专用保鲜袋、网袋、塑料筐、板条箱、瓦楞纸箱等容器包装。用塑料筐或板条箱等透风性容器直接包装的，在贮藏冷库码垛后，再外罩塑料薄膜帐；用专用保鲜袋或瓦楞纸箱包装的，在蔬菜充分预冷后，装入专用保鲜袋或内衬塑料薄膜的瓦楞纸箱中，在蔬菜表面上放一层包装纸或吸水纸，再平折袋口或扎袋口；保鲜袋装的蔬菜贮藏时要码放在货架上。



包装

8.入库堆码

有效空间的贮藏密度：小于250公斤/立方米；每天的入库量控制应在库容量的10%~15%；货垛排列方式、走向及间隙与库内空气环流方向一致；入库降温阶段，冷却风速控制在1~2米/秒；产品堆放的总要求是“三离一隙”。“三离”指的是离墙、离地面、离天花板。“一隙”是指垛与垛之间及垛内要留有一定的空隙。距墙0.2~0.3米，距顶0.5~0.6米，距离风机不少于1.5米；垛间距0.3~0.5米，垛内包装间距1~2厘米；库内通道宽1.2~1.5米；垛底垫木或设贮藏架，底层距地面高度0.1~0.2米；垛高不超过冷风机的出风口。

9.冷库管理

温度管理：冷库达到装载量后，要求库温在48小时内达到规定的贮藏温度。在整个贮藏期，要求库温稳定，波动幅度不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。在库内前、中、后三处放置温度计。温度计要放在不受冷凝水影响和气流振动的地方，测量温度计精度 $\leq 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度管理：在达到规定的贮藏温度后，进行加湿，保持库内适宜的相对湿度。加湿方法：拟在垫木、贮藏架下用搪瓷托盘等容器盛水，通过水的三态（冰、水和水蒸汽）变化调节库内湿度。测量湿度的仪器精确度要求在 $\pm 5\%$ ，测点的选择与测温相同。

货间风速在0.25~0.5米/秒。在气温较低的早晨或傍晚进行。通常一周内至少应对库房通风换气一次。贮藏期间应定期抽样，检查蔬菜有无病害、冷害、转色、失水和腐烂等情况发生，发现问题及时处理。

贮后出库的蔬菜要求新鲜，具有本品种的色泽、风味，品味正常。出库后的产品应缓慢升温，以防蔬菜结露劣变；应轻搬、轻放、轻拿，避免造成机械伤。

4.农产品冷冻冷藏、批发市场及物流配送

在我国农产品流通领域，农产品批发市场依然是农产品流通的主要方式，但目前我国冷链物流基础市场供给仍然不能满足冷链市场需求，冷链设施布局不均衡，中西部地区及贫困山区薄弱，冷链基础设施落后亟待升级，设备能耗高，效率差；冷链信息平台尚未形成，冷链断链现象时有发生。



冷库示意图（左图：小型果蔬冷库 / 右图：大型物流冷库）

4.1 冷库的定义及类型

冷库是通过人工手段，将一定空间内的热量降低，从而形成一个低于周围环境温度的温度受控空间，简言之，平常使用的制冷系统就是热量的搬运工，它将一定量的热量（就是冷库的热负荷）从冷库中搬运出去，冷库就能够降低到需要的温度。冷库形式具有多样性，从容量上分，有10~20m³的小型冷库，到数十万m³的大型冷库。从温度上分，冷库的主要分类如下：

果蔬商品冷链管理

表5 冷库的分类

冷库	温度	功能
冷却间	-2~0 °C	对果蔬，肉类，鲜蛋等食品冷加工降温至 0~4°C以便转入冷却物冷藏间进行短期储藏。
冷却物冷藏间	-2~4 °C	用于储藏经过冷却的鲜蛋、果蔬及冷却肉等
冻结间	-23~-30 °C *	将食品由常温或冷却状态迅速降至 -15~-18°C的冻结状态以实现长期储藏
冻结物冷藏间	-25~-18 °C	用于长期储藏经过冻结间冻结的食品
再冻间	-23~-30 °C *	设于分配性冷库中，供外地掉入冻结食品中品温超过 -8°C的部分在入库前再冻之用，冷冻设备与冻结间相同。
气调保鲜间	由货品类型决定	根据不同果蔬储存要求的条件，控制库内温度、湿度、CO ₂ 、O ₂ 等气体成分以实现更长的保鲜期

对于农产品冷链使用到的冷库，国内主要应用的规范及标准有：

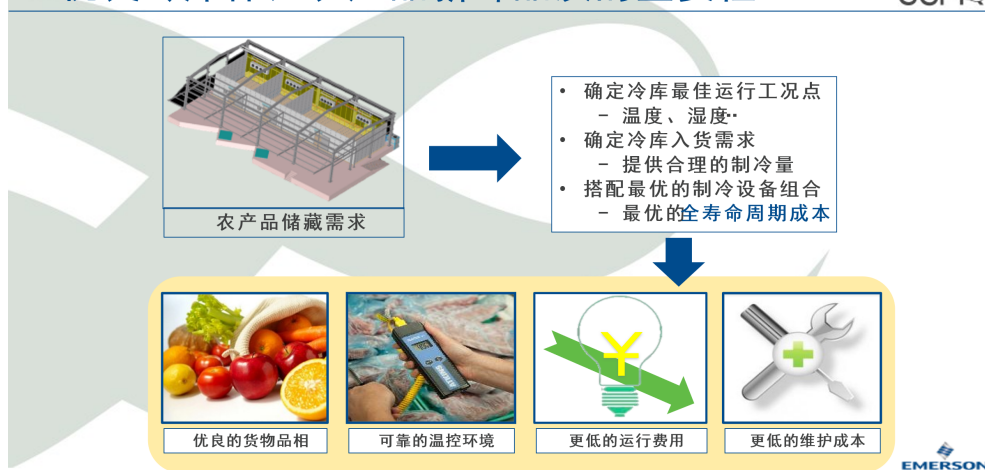
- 《GB50072-2021冷库设计标准》
- 《GBT22918-2008易腐食品控温运输技术要求》
- 《GB51440-2021冷库施工及验收标准》
- 《GB28009-2011冷库安全规程》
- 《SBT 10797-2012 室内装配式冷库》
- 《SBT 11091-2014冷库节能运行技术规范》
- 其它

同时，为规范冷库及冷库用制冷设备配置、提升行业整体设计水平，提高制冷设备运行能效，关于冷库能耗评价标准体系正在逐步建立、完善并推出。

那么如何设计、选用和维护冷库相关设备，使农产品冷库在可靠节能的状态下运行，最大限度保护农产品的新鲜品质呢？

若需要维持一个比环境温度更低的温度，则需要通过制冷系统等设备，不断的将冷库内的热量搬运出冷库。一个特定的冷库，在使用环境、入货量等参数确定的条件下，所需要搬出热量是一定的，这个热量通常被称为冷库热负荷。若使用大一点的制冷系统，可以在更短的时间内移除冷库的热负荷，使冷库降至指定温度，虽然设备功率较大，但运行时间较短；换了太小的制冷设备，实际用电量可能也没有太大的变化，反而冷库温度拉温速度变慢，甚至有时不能保证食品/货品的质量安全。

优良冷库保证农产品新鲜品质的重要性



11

设计优良的冷库需要能维持可靠的温控环境，保障农产品品质及安全，同时运行费用更低，更低维护成本，实现最佳全生命周期成本，并考虑环境友好及可持续发展。

目前，我国现有冷库80%以上是20世纪90年代以前的多层土建冷库，新型装配式立体化冷库不到20%，现有制冷设备技术含量低，温控区间小，相关设施不配套，有的已经陈旧老化，设备运行效率较差，因此企业运营冷库的效益不高，不能适应我国生鲜农产品的冷链发展应用。

农批市场冷库案例

—使用高效、高可靠性解决方案



北京新发地农副产品物流园(3期)

项目概况

- 一期：香蕉库，库温2~15℃，共72间
- 二期：菌类及水果冷库，共12间

设备使用

- 一期：共使用套中温冷冻涡旋并联机组
- 二期：共使用中温冷冻涡旋压缩机共40多台

□ 解决方案及特点：

- 每个香蕉交易大厅用3套冷冻涡旋五并联组成的机组，每套机组带8间冷库，可根据制冷需求灵活调节制冷机组开启台数，精确匹配制冷需求。



上海某国际农产品交易中心冷库

客户需求：冷库用于出租给市场内商户，对**初期投资**控制严格，要求**系统运行可靠**，并且提供及时快速的售后服务



库温	冷库数量	冷库用途
-18℃	154间	储存海鲜、肉类
2~6℃	46间	储存水果蔬菜

□ 解决方案及特点：

- 配备具有高可靠性、**高能效**的谷轮涡旋商用冷冻压缩机
- 分布式制冷系统，一台压缩机拖一间冷库，提高系统**可靠性**和**使用灵活性**。
- 机组就近按照，无需专用机房，管路短，**降低系统成本**，提高运行效率。



13

很多农产品批发市场的冷库开始采用新的冷链技术，选择高可靠、高能效的产品在替代原来的老旧系统。例如，北京新发地农副产品物流园，一期香蕉高温库（贮藏温度15℃）72间，采用大型涡旋并联类制冷机组，典型一拖多应用（一套机组带多间冷库），可灵活调节制冷机组开启台数，精确匹配制冷需求，保证库温保证香蕉品质。另一个案例是上海某国际农产品交易中心，典型的出

租型应用需求。冷库共200间，其中低温冷冻库154间，果蔬冷藏库46间，一拖一应用（单个制冷压缩机对应一间冷库），使用灵活、方便单独计量，适合出租型需求。采用冷冻冷藏专用压缩机，室外造型机组型式节省专业机房，安装管路短，提高设备运行效率。

5.冷链运输环节

生鲜果蔬农产品的冷链物流一般遵循3T原则，即产品最终质量取决于在冷链中贮藏和流通的时间(Time)、温度(Temperature)和耐藏性(Tolerance)。在整个的冷链物流过程当中，从农产品的采集、加工、包装、装卸搬运等，到农产品的运送及分销都需要全程保持在一个恒定的温控范围内。而国内冷链运输环节中存在货主、车主的数据不一致，运输环节数据易失真等风险。

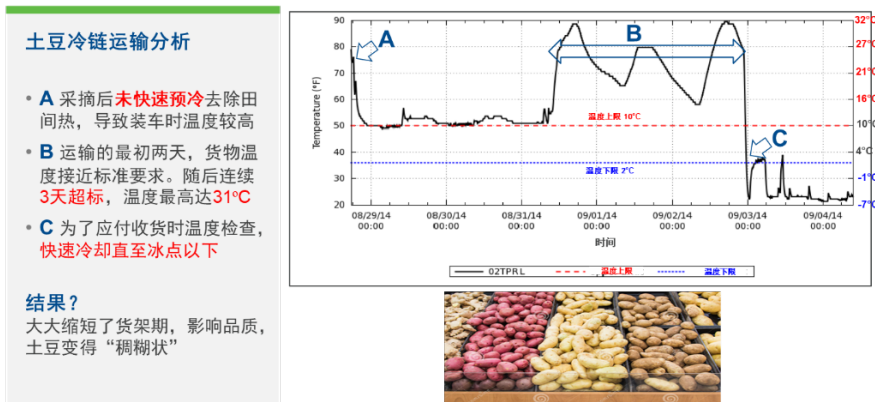


冷链运输环节

在入仓、出仓、进口/出口等各类长途运输及短途配送等运输环节配置冷链物流温度监控，这样一来就可以实现运输全程的温度监控，以最大限度确保生鲜食品的品质，并减小损耗，从而尽可能满足消费者的需求。

下面这个土豆运输案例，显示了不规范冷链操作，对生鲜农产品品质的影响。土豆其正常的冷链温度范围应在5~10℃。在运输初始时，冷链温度一直正常。但是从第3天至第5天冷链温度超标严重，达20~30℃。而在抵达目的地前一天，其冷链温度急速降至冰点以下。最终收货方（货主）发现这批次土豆货架期缩短、易腐烂，而且口感变差，呈稠糊状。货主如果无法掌握全程冷链温度状况，只看装载及卸货时状态，很难保证冷链温度合规，不断链。

冷链物流“断链”，货物超温导致货损



冷链“断链”示意图

5.1 温度记录仪

在冷链物流温度监控中，可采用新型物联网技术的温湿度记录仪，可以随时、全面监测冷链状态。通过相关软件及App可以实时的冷链温度记录，这样就可以监测生鲜农产品温度是否超标，从而进一步减少农产品因变质造成的损耗。

目前行业内主要分两大类，一类是温度记录仪，另一类是实时追踪仪。

冷链运输货运监测产品



冷链运输货运监测产品

5.1.1 温度记录仪类产品

只需简单激活并随货件放置即可，操作简单性价比高。在运输和储存过程中监控易腐食品的时间和温度。USB类产品操作简便，无需专业读取设备和专用软件，通过USB接口插上电脑，一旦连接将自动生成PDF文件，记录完整的时间和温度历史数据，并包含图表和汇总；NFC类产品可与手

果蔬商品冷链管理

机或平板电脑通过NFC通讯连接数据，也可通过阅读器快速上传数据至电脑中。而可重复使用记录仪带有LCD显示屏且可以供用户自主配置，非常适合闭环且需重复使用冷链物流场景，可以监测温度、湿度以及外带一个探针温度。

5.1.2实时追踪仪类产品

采用移动蜂窝通讯技术，可追踪冷链货物运输，实时提供它们的实时温度、湿度、位置及报警。带光线传感器类产品，还可在车门打开时感知光线，提醒货物到站或运输途中发生风险。此类产品还实时将数据传输至软件云平台，方便用户在线获取相关信息，例如货运位置和温度、报警等数据。

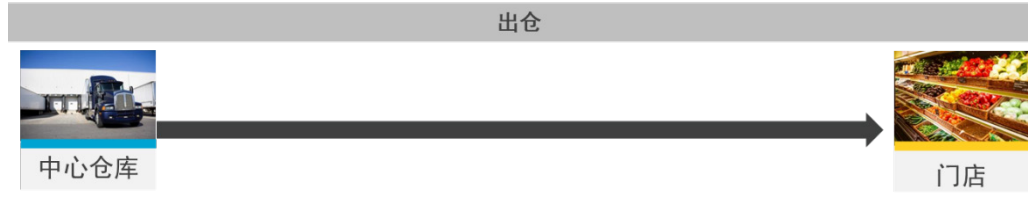
入仓环节，针对普通生鲜农产品推荐使用温度记录仪类产品；而对高货值或极易腐败农产品建议采用实时追踪仪类产品。



入仓环节示意图

出仓环节，采用可重复使用的实时追踪仪，业主可以指定在第三方物流公司或内部物流部门使用；可在多次货物运输途中重复利用该产品，并可对第三方物流公司做达标评估。

果蔬商品冷链管理



推荐放置的位置

将实时追踪仪尽量放置在靠近柜门的最后一个托盘上（侧面或者上方）

不要将它放在货物内或者托盘之间



此类追踪仪类似于手机，需要与移动基站连接，才能传送信息

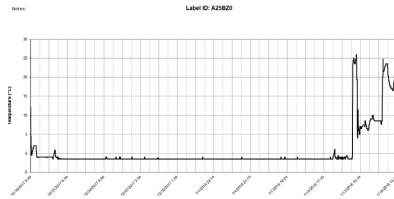
货运温度全程监测的意义——入仓案例1#（续） 不同承运方（货运公司）的温度达标率统计

承运方名称	承运日期	温度达标率	异常报警次数	异常报警时长(分钟)	报警次数	报警时长(分钟)
Mc Carver Home	4/20	38.21%	144	1	20	15.5%
Hubbick Transportation Inc.	5/6	37.91%	48	1	20	15.5%
Apex Services	1/10	36.61%	28	0	75	27.7%
Global Inc	1/10	36.01%	55	0	48	24.4%
North Transport	4/1	36.11%	10	0	20	25%
North Transport	1/10	36.21%	1	0	12	25%
Logistics LLC	8/1	36.31%	2	0	7	22.5%
Global LLC	8/1	36.41%	2	0	6	25%
Logistics Inc	7/1	36.51%	2	0	5	26.5%
Global INC	7/1	36.61%	1	0	6	14.5%
Transportation Inc	6/1	44.81%	1	0	7	65%
Logistics Inc	6/1	37.21%	3	0	7	65%
Logistics	6/1	36.81%	1	0	7	25%
Logistics	6/1	36.91%	1	0	2	25%
Truck Broker, Inc.	5/1	36.41%	0	0	3	8%
Logistics LLC	2/1	36.51%	0	0	2	24.5%
Logistics LLC	2/1	36.61%	1	0	1	45%
MFL	2/1	37.21%	1	0	1	65%
MFL	2/1	36.81%	0	0	2	8%
Logistics	2/1	36.21%	0	0	2	8%
Logistics Inc	1/1	36.41%	0	0	1	8%
Logistics	1/1	36.41%	0	0	1	8%
Logistics	1/1	37.1%	1	0	8	19%
Logistics Inc	1/1	44.81%	1	0	8	19%
Logistics	1/1	33.61%	0	0	1	8%
Logistics	1/1	36.51%	0	0	1	8%
Logistics LLC	1/1	36.41%	0	0	1	8%
Logistics	1/1	36.51%	0	0	1	8%
Logistics	1/1	36.41%	0	0	1	8%

出仓环节示意图

6. 冷链物流仓储环节

生鲜果蔬农产品进入大型冷链物流仓储中心时，需注意的几个关键点：

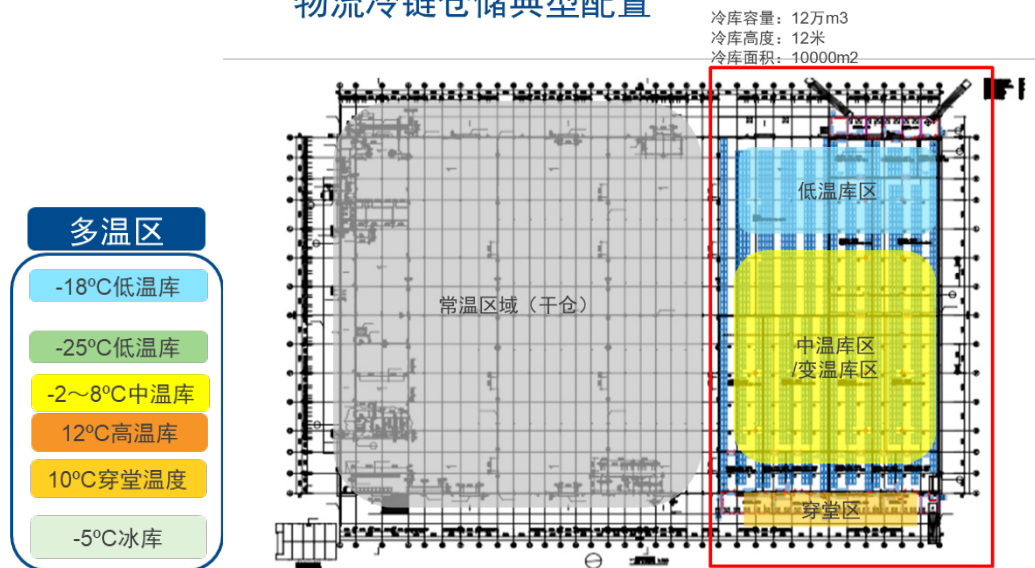


- 冷藏车运输
- 装卸货时避免温度变化
- 使用冷藏卸货区域
- 使用密封月台，确保运输车与建筑间紧密封住
- 抵达时测量果蔬产品温度，检查运输在途温度记录
- 将产品快速运至适当的冷库区域（合适的温区）

6.1 大型冷链物流仓储

大型农产品冷链物流仓储中心一般来说，规模较大同时温区划分精细；而且生鲜农产品多样，例如牛羊肉需低温冷冻，水产需低温冷冻，果蔬需中、高温冷藏，穿堂也需温控，也要考虑制冰机的需求；

物流冷链仓储典型配置



特别针对果蔬类产品，还需要综合考虑温度、湿度、乙烯、气味等多种因素，避免不可共存的果蔬产品混装储存。

下面是一个典型的水果混装储藏案例“当猕猴桃遇见蓝莓”，这两种水果存储温度相同，都是在0°C左右。产季相同，在同一时期会有大批量水果进出货，在该物流仓储库中这两类水果存放在一起。但是蓝莓对乙烯敏感度很高，其本身不产生乙烯。猕猴桃虽然乙烯产生率很低，但其产生的微量乙烯（5PPM），就可以毁掉蓝莓的硬度，令其失去脆的口感。

水果分类储藏案例分析

冷藏水果类建议条件

货物	运载温度 (°C)	湿度限制 (°C)	冷冻温度 (°C)	通风	货物保质期	乙烯产生率	乙烯敏感度
苹果	0	-0.5/2	-1.5	高	视种类而定	极高	高
杏桃	-0.5	-0.5/0	-1.5	高	20	高	高
牛油果	7	4.5/8	-0.5	高	30	高	高
香蕉	12	12/13.5	-1	最高上限	24	中	高
蓝莓	-1	-1/0	-2	无	20	无	高
樱桃 (车厘子)	-0.5	-1/0	-1.5	低	20	极低	低
猕猴桃 (奇异果)	-0.5	-0.5/0.5	-2	高	50/75	低	高
葡萄	-0.5	-1/0.5	-1.5	低	50	极低	低
西柚	10	4.5/16	-1	1%二氧化碳	40	极低	中
柠檬	10	5/16	-1.5	1%二氧化碳	80	极低	中
哈密瓜	3	2/4.5	/	中	15	高	高
桃子	-0.5	-0.5/-1	-1.5	中/高	30	高	高
梨	-0.5	-1/0.5	-1.5	3%二氧化碳	60	高	高
菠萝/凤梨	8.5	7/10	-1	低	30	低	低
桔子橙	4.5	4.5/7.8	-1.5	1%二氧化碳	40	极低	中

后熟型水果 (呼吸跃变, ripening required)。香蕉/芒果/牛油果/猕猴桃/榴莲等加工后的温度参数变化。

果蔬品种较多时，需要综合考虑温湿度、乙烯、二氧化碳等因素，分类存储、避免相互影响

冷链物流仓储



当猕猴桃遇见蓝莓

- ✓ 两者产季重叠 (新西兰佳沛猕猴桃和云南蓝莓)
- ✓ 存储温度一样
- ✓ 某物流仓混合存储

结果猕猴桃产生的微量乙烯(5PPM), 就毁掉蓝莓的硬度, 使其失去脆的口感。

考虑不同水果品类的不同特点，它们的存储更多需要独立冷库，同时考虑温度、湿度的控制；同时兼顾乙烯、二氧化碳及气味的影响。

- 冻品水果：冷冻榴莲（-18~-20°C）储藏。牛油果泥（-20°C），在很多奶茶铺子采用；

果蔬商品冷链管理

- 温带水果：车厘子（0~4℃），苹果（0℃，产生乙烯），蓝莓、树莓、黑莓（0℃，怕乙烯），牛油果：（4~8℃，怕乙烯），高湿度要求；
- 热带水果：香蕉（13℃，产生乙烯，怕乙烯），需要独立周转。如果有催熟加工，需要香蕉分选场地，需要温度缓冲地带；榴莲（15℃，呼吸热大，味道大，产生二氧化碳多），要单间存储，湿度不能太高，烂刺。越南火龙果：容易有炭疽菌，烂果率高。国产芒果：外表皮上催熟用的乙烯残留比较多，建议单独放。

6.2 新零售前置仓类仓储

近些年，生鲜商品从冷链物流仓储进入终端零售环节，又出现了新零售前置仓这类的新业态。这些前置仓冷库替代了传统的实体门店，采用冷库仓储+快递配送，利用App让顾客足不出户采购商品。前置仓这类业态，

关注损耗率，关注设备可靠性；

关注周转率，关注库容量逐渐变大；

关注食品品质，对库温要求更严格；

关注快速扩张，标准化要求高便于复制；

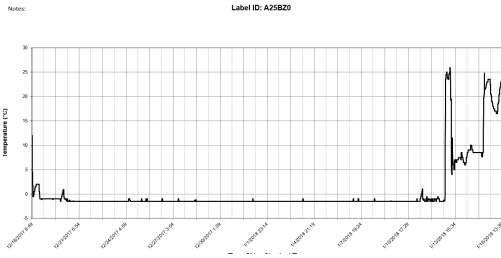
基于这些特点，其冷链系统架构从最初的一体式冷柜形式，逐渐迭代到分体式冷柜，到目前分体式冷库形式，更多突出到家配送及时率。分布式架构、一拖多制冷形式采用较多。



7.零售终端

如何保障生鲜产品品质、降低货损，延长货架期是零售业关注的核心诉求。从超市内部冷链各个环节来看，从收货开始就需检查果蔬冷链运输过程的在途温度，检查到货时的温度状态（核心温度），入库后需按照生鲜果蔬的温湿度要求规范控制，同时也要保证展示柜（冷冻冷藏柜）的温度达标。商超内部的冷链流程达标，才能保障品质，降低货损，提升盈利能力。

果蔬商品冷链管理



收货时运输在途温度检查



生鲜品核心温度检测



冷冻冷藏类制冷系统在零售终端的用能占比不断增加。作为零售终端领域的“耗能大户”，对冷冻冷藏系统，以及空调、照明、风机、冷却水塔的节能管理，已成为各个企业节能管理的重点环节。

商超冷链

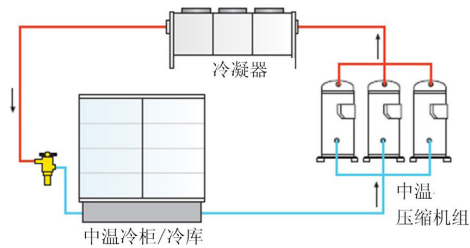
商超冷链典型架构及趋势



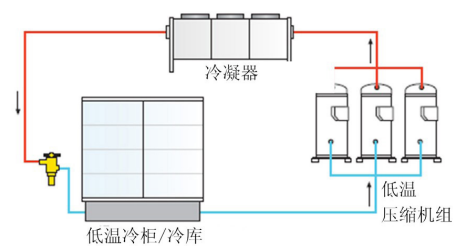
冷链设施现状及趋势

目前国内商超大多采用含氟制冷剂系统，传统上分成低温及中温两套系统：中温机组与中温冷柜/冷库提供制冷，而低温制冷机组与低温冷柜/冷库相连，两套系统相互独立，互不影响。

中温系统 (R22 为主)



低温系统 (R404A 为主)



超市冷链设备

针对商超冷链系统主要可分两大类：集中并联式制冷系统、分布式制冷系统。

1) 集中并联式制冷系统：通过多台压缩机并联组成一个系统。

优点，可满足一些较大冷量需求，设备集中管理方便，各台压缩机之间互为备用，可靠性更好，多级能量输出可与系统所需负荷精准匹配。

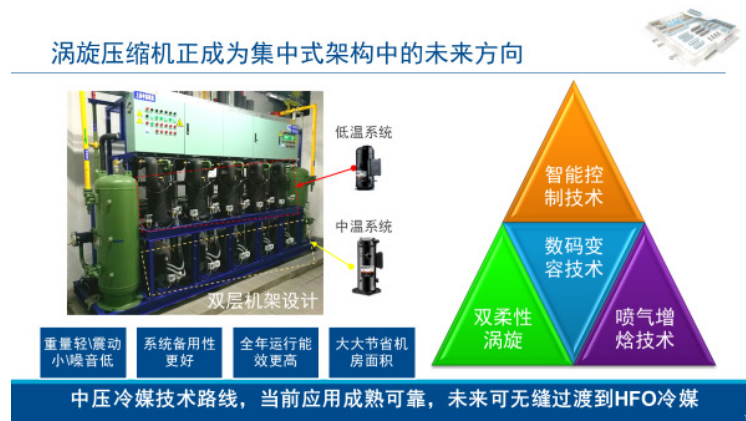
缺点：需要配置机房、安装人工成本较高；管道阻力损失较大，影响系统能效；安装材料费较高（较多的管路、电线、制冷剂）；泄漏几率大(管路焊点较多)。

2) 分布式制冷系统：采用多台小机组，与冷柜/冷库分散匹配。

优点，制冷机组与冷柜/冷库灵活就近安装，室外型机组无需机房，节省成本；每个机组均独立，某个冷柜/冷库出现故障时，对其他冷柜/冷库无影响；系统管路短，安装材料省，并可提高系统能效（分吸气组设置）。

缺点，设备较分散，如需集中控制时，设备需统一；系统相互之间独立，无相互备用支持，可靠性要求也高；如需能量调节，可采用数码变容量或者变频技术（成本较高）。

传统上，大卖场及中型超市，因其冷柜数量众多，冷量需求大，多为集中并联式系统，采用传统的活塞式制冷压缩机；随着制冷压缩技术的迭代发展，自2015年以后，随着大冷量涡旋制冷压缩机的出现，因其能效比高、噪音震动低、结构紧凑、占地面积更小，在集中并联式系统里面应用更加广泛。制冷剂的使用，也从传统的R22，过渡到R404A，R407F等环保冷媒，甚至CO2自然工质也有成功应用。



压缩机

社区超市、中型超市（小型门店）、便利店，前置仓，因其冷柜/冷库数量少、物业条件受限、无机房设计，更多采用的都是分布式架构。由于业态贴近社区，外形尺寸需要紧凑，噪音要求严格，标准化程度要求高；自2005年起，设备形式从传统的室内型活塞制冷机组，迭代到室外型涡旋制冷机组。数码变容量&变频技术，环保冷媒HFO，CO2也在市场有所应用。



冷机组合

分布式系统架构

——机组分布式布局，室外安装，位置贴近对应的冷柜



以上为示意图，仅供参考。

1. 具体实施细节，请咨询当地经销商。
2. 设计仅供参考，不作为法律依据。

Insert footer or confidential information here if needed.

分布式系统架构

随着冷链物联网IoT技术的发展，零售企业开始对商超门店的各种设备进行更精细化的管理。采用机组监控解决方案，接入各种设备，包括冷链机组、冷柜末端设备、空调主机、空调末端、照明、热泵、冷水机组、冷凝器/冷却塔、海鲜池和冷媒泄漏仪器等。

集中监控解决方案 ——门店设施管理及监测&企业级管理



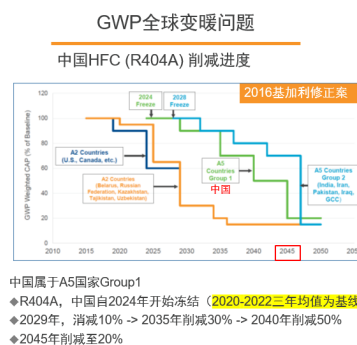
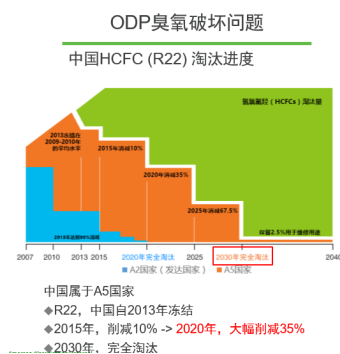
集中监控解决方案

8. 全程冷链及行业发展趋势

在2021新版冷库设计标准提出，冷库设计应做到安全可靠、节约能源、环境友好、经济合理、先进适用；从冷链设施设备的全生命周期成本看，运行电费占其生命周期总成本约60~70%；为实现低碳发展，国家十四五规划对制冷行业节能制定了明确的目标和措施，例如：

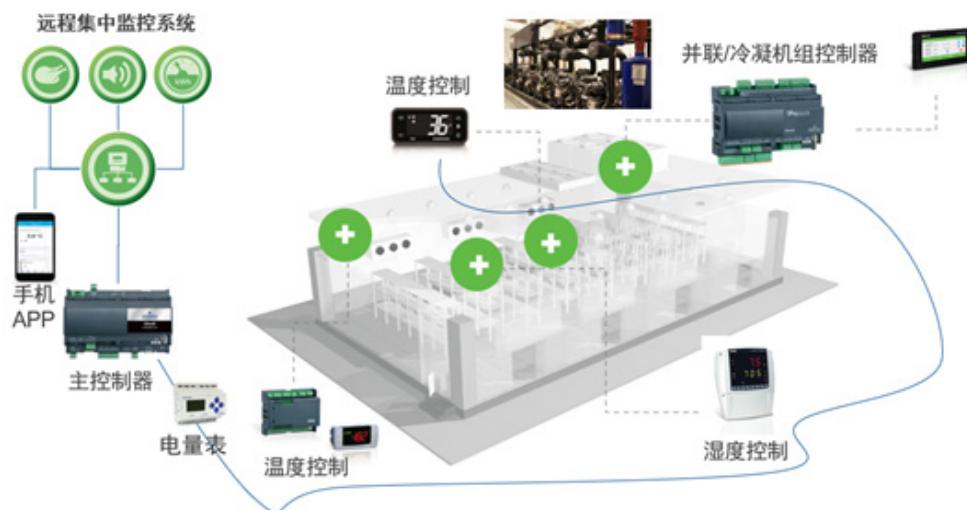
- 到2022年绿色高效制冷产品市场占有率提高20%
- 到2030年制冷总体能效提升25%以上
- 加快修订商用冷柜、冷藏陈列柜、冷水机组的强制性能效标准
- 加快制定冷库、冷藏车、制冰机的能效标准
- 淘汰20%-30%低能效制冷产品

另外，从环保层面，中国正处在HCFCs淘汰和HFCs消减的双重任务重叠期。探索新的环保技术，优先选择臭氧气候更加友好的替代技术。加大关键零部件、配套润滑油的研发及制造能力。



果蔬商品冷链管理

- 在2025年达到HCFC淘汰基线水平的67.5%
- 在2024年冻结HFCs的生产和消费，以2020–2022三年均值为基线



十四五规划在智能化发展上，促进工业物联网、大数据、云计算的应用，提高智能化。“十四五”末，工商用制冷设备智能化达到40%–50%，实现冷链行业全产业链的控制产品智能化。

生鲜农产品冷链涵盖了冷藏产品流通的各个环节。果蔬从采摘/收获的那一刻起就开始面临变质的风险。通过将这些农产品采用合适的预冷加工技术，存储在合适的冷藏/冷冻温度下，可以减缓食品的变质速度。通过冷链运输、仓储配送、零售商超、餐饮门店直至进入消费者的餐桌上，最大限度保持生鲜农产品的品质，完成从田间到舌尖的过程。



在这个环环相扣的过程中，冷链环节各个参与方，都需要遵循相应的法律法规、设备设施技术规范，并综合考虑可靠性、可持续性、维护保养以及全生命周期等等因素。采用各种先进的技术及产品。最终核心点就是保证生鲜农产品的安全、保护食品品质，来满足消费者的期望。

