



内部资料
不得外传

二〇〇〇年的中国研究资料

第四十一集

制冷科学与技术在中国的进展

中国科协二〇〇〇年的中国研究办公室

79.8/11
第 41 集

制冷科学与技术在中国的进展

中国制冷学会

中国科协2000年的中国研究办公室

1985. 2

序 言

按照中国科协“二〇〇〇年的中国”研究撰稿要求，中国制冷学会组织所属六个专业委员的李鑫、郭方中、谢晋康、潘振良、吴业正、韩宝琦、陈桂林、李克锦、刘香庭、孙竟成、张祖立、顾福民、王孟芙、黄成铭、于敏珠、钟发楹、郁如煌、章松英、王迺谦、李江汉、丁鸿才、沈元津、齐前军、郑向黎、刘作斌、张中兴、陈畴、张剑等同志参加了撰写工作，最后由饶辅民同志负责主编，曹德胜和王培贤二同志协助编辑。

解放以来，我国的制冷科学技术得到了很大的发展，对国民经济建设和提高人民生活水平作出了很大的成绩。但与发达的国家相比尚有较大的差距。希望这份资料对进一步发展我国的制冷科学技术提出相应的对策能起到积极的作用。

制冷科学技术是一门多科性的边缘学科，在编写和编辑过程中，难免会出现一些差错，敬希读者指正。

中国制冷学会学术委员会

一九八四年十二月

目 录

序言

第一章	历史的回顾.....	(1)
第二章	食品冷藏链 (一) ——加工与销售.....	(3)
第三章	食品冷藏链 (二) ——贮存与运输.....	(7)
第四章	低温与超导电技术.....	(12)
第五章	气体分离与液化.....	(19)
第六章	空气调节技术.....	(23)
第七章	制冷在工程中的应用.....	(27)
第八章	低温生物学与冷冻医疗.....	(32)
第九章	制冷机器与设备.....	(36)
第十章	升华干燥.....	(40)

第一章 历史的回顾

中国地域广大，历史悠久，是世界文化发源地之一。早在二千多年前，黄河流域的居民就已利用贮备天然冷量的方法来为自己服务。周代（公元前1100~221年）的诗歌总集“诗经”中，便有关于凿冰和贮冰于冰窖的诗，当时冰窖被称为“凌阴”。汉儒编辑的有关周代官制的书“周礼”中，记载了周代设置有专管冰的官吏，名为“凌人”。上述情况已为近代的考古发掘所证实。解放后在陕西凤翔发掘到一个春秋时期秦国凌阴的遗址。

至于所贮存的冰究竟是作什么用途，诗经中没有说明，但从“周礼”及古代一些文学家及历史学家的著作中，可以看出大致是作下列方面的应用：

一、贮存食品 “周礼”中记载当时有“冰鉴”，即冰柜，用以贮存食品；

二、保存尸体；

三、冷却饮料 战国时期（公元前475~221年）屈原所著的楚词“招魂”篇中，记载当时饮用冰镇的饮料；

四、室内降温 魏国（公元220~265年）曹植的“大暑赋”中记载当时宫廷中在夏日室内置冰以降低室温；

五、低温医疗 前汉（公元前260年~公元24年）司马迁的史记“扁鹊仓公列传”中记载当时的名医太仓公用寒水配合针砭治疗头痛发热症。

上述应用在漫长的岁月中一直延续了下来，北京故宫的城下，至今还留下的几个很大的地窖，明清两代都用来贮冰，用于保存宫廷所需的食物和夏日室内降温。这些冰库至少存在了六百年。明代李时珍著的“本草纲目”中记载以霜治疗腋下赤肿和以冰治伤寒阳毒等，这也是近五百年前的著作了。

由于封建制度阻碍了中国科学技术的发展，人工制冷在中国开始得比较晚，十九世纪末在上海、广州等地建立了制冰厂，生产人造冰。二十世纪初在上海、哈尔滨、天津及汉口等地陆续建成了一些冷藏库，主要用于贮存冷却蛋和冻蛋。那时，中国还没有生产制冷机器与设备的工厂，冷藏库与制冰厂所用的机器设备都是从国外进口的。上述各地的冷藏库到全国解放时的总贮存能力仅约三万吨。

制冷科学与技术在其他方面的发展实际上是在中国解放后才开始的。五十年代中期开始自制压缩机及设备，兴建冷藏库，仅1958年在全国各地就建造了四十万吨冷藏库；一些高等院校设立了制冷专业或制冷系，建筑系中设立了空调专业；一些研究单位开始研制制氧机和氮液化设备。到了六十年代以后，超导电的研究、气体分离与液化、微型制冷器、冻藏种牛精液、食品和生物制药的升华干燥、空气调节等工作就随着中国的经济

发展而全面开展。七十年代初期在少数医院中开始了低温医疗，短短的几年中就推广到全国各地。低温贮存人体器官组织、皮肤、血液等工作也随着开展起来。

现在，中国的制冷科学与技术已经具备一定的水平，并基本上能够自制所需的各种机器与设备，培养本身所需的各方面的人材，开展各种与制冷有关的科学研究，为进一步的发展奠定了基础。

以下十章简要介绍一下中国制冷各行业的现状和存在的问题。应当指出，文章中所提供的情况和数据都是1981~1983年以前的。由于十一届三中全会以后，我国的技术经济状况发生了很大的变化，制冷行业也不例外，近二、三年来的发展，使得一些部门的生产数字和技术水平和以前有较大的不同。但是，所提出的问题仍然有可能为进一步的经济改革提供参考。

第二章 食品冷藏链(一)

——加工与销售

食品冷藏链是指易腐食品从收集加工、贮藏、运输直到销售等各个环节都是处于适当的低温之下，从而保持食品的质量并减少食品的损耗。要达到此目的，必须采取一系列的手段和设施。

我国的易腐食品中，肉类、禽、蛋、水果及蔬菜由商业部经营，水产品归农牧渔业部的水产总局经营。此外，对外经济贸易部负责易腐食品的出口，轻工业部负责乳品及冷饮食品的生产。这几个部门都各自有其加工、贮藏和短途运输的设施，但铁路低温运输归铁道部经营，长途海洋低温运输由交通部经营。

一、易腐食品的收集与加工

(一) 肉禽类的收集与加工

肉类加工的原料以小规模的分散生产为主，年收购量猪约1.4亿头，牛羊3000余万头，禽兔约1亿多只。原料的品种繁多，大小不均、质量不均，有明显的淡旺季。一般冬季的产量要占全年的三分之二。1981年，全国共有肉蛋类加工厂六百多个，以加工猪肉的占绝大多数。生产能力为每班猪约47万头，牛约1万头，羊约12万只。每天冷却能力1万吨，结冻能力3万吨，制冰能力3400吨。肉类的加工能力仅达全部收购量的四分之一，其余都是人工屠宰后在中小城镇及农村鲜销。为了保证淡季的供应，加工的品种主要是冻白条肉，品种单一。近年来，发展了一些分割肉及小包装肉，其占肉类产品的比重为2%左右。还有一些熟肉制品占肉类产品的比重也仅为6%。分割肉主要供外销。我国猪的品种多为脂肪型，瘦肉率仅达50~55%，出肉率也低，为65~68%。

国外牧畜业发达的国家，畜禽的生产已趋向工厂化、专业化，肉类加工厂能做到均衡生产，早在五十年代就着手培育瘦肉型猪，淘汰了脂肪型猪，瘦肉率可达60~70%，出肉率75%。主要是生产+4~0℃的冷却肉，其中40~50%加工成肉制品，如方便肉食品、熟制品、精加工副产品等，品种多达60种，制作精细，能适应市场的不同需要。

(二) 海产品的收集与加工

中国的海洋鱼类捕捞量1980年约为280万吨（不包括淡水鱼），另有40万吨养殖产品。海水鱼类的20%是由国营渔业公司，80%是由集体渔民在沿海捕捞的，我国还没有远洋渔业。现有国营渔轮一千余艘，集体渔民机帆船约4.3万条，功率共计3万余马力，容量140万吨。在这些船只中，配制冷设备的只有60余艘，主要是采用-8℃海水做微冻保鲜，不能作冻结之用，其余船只都是带冰及盐出海，做冰鲜鱼或盐腌鱼，一般是每

捕捞1吨鱼平均带1吨冰，冰不足时及在有食用咸鱼习惯的地区则用盐腌。鱼起网后倒入渔箱，一层鱼一层冰，无鱼箱的便散装放入船舱内。渔舱装满后，鱼运到海港的加工厂或收购站，渔船加冰出海，每个航次约为6~12天。全国共有渔港370多个，但港内设有加工厂及冷库的不过200个。加工厂对收进的鱼进行整理挑选，经济价值较高的做冻结鱼及冰鲜鱼，冷库容不下时便制做盐腌鱼，不能食用的做鱼粉或作肥料。目前，由于冷库和冻结能力不足，每年仅能获得冰鲜鱼70余万吨，冻结鱼50多万吨。

（三）蛋品的收集与加工

1980年，我国的鲜蛋生产量约为275万吨，当年商业部门的收购量约为76万吨。鲜蛋来自千百万个农民养鸡鸭个体户，淡旺季节性很强，大量蛋品要长途调运到城市进行贮存和销售。在收购的鲜蛋中，省间调拨的有16.5万吨，出口7.5万吨，其余为本省内销。淡季（5个月）的收购量仅占9%，旺季（3个月）的收购量占27%，旺季（4个月）为64%。一般是通过收购点、收购站、转运站几个环节集中到省属中心站，进行挑选分级、冷却贮存，供出口、外调或作为淡季及节日的供应。破损、残次蛋加工成冰蛋，供内销作糕点配料。鸭蛋大部份做成腌蛋或松花蛋，小部份鲜销。

（四）水果蔬菜的收集与加工

八十年代初，我国年产水果约750万吨，年收购量约400~450万吨，以苹果、梨、柑桔为大宗，葡萄、香蕉等次之。其余品种，包括很多地方的著名产品，由于娇嫩不耐运输，贮存期也短，主要是在产区附近小区域内销售。水果采摘后，一部份存入当地的土窖，利用自然冷源贮存，大部份运往销区，在普通仓库中常温暂存或放进冷库冷却作较长期的贮存。另有少部份加工成干制品，如蜜枣、柿饼、桂圆干、山楂糕、话梅等优质产品，还有一些，特别是葡萄、用于制酒。

由商业部门所供应的大中城市居民所需的蔬菜，平均每人每天要半公斤，全年共需2000万吨，主要由城市近郊的农民生产，小部份（10~15万吨）由比较集中的产区向销区调运，例如南方的细菜和北方的元白菜等。蔬菜生产季节性很强，随气候的不同，各地每年都有几个月的生产淡季，需要在旺季贮存一部份或外调来调剂。例如，北京的淡季是每年的四月和八、九两月，那时每天缺菜70~75万公斤，便要在旺季将鲜销多下来的菜，除少部份加工成腌菜或酱菜外，都要利用冷库、土窖贮存，甚至发动居民在常温下贮存。

当前，易腐食品在收购与加工方面存在的主要问题是：

1. 淡旺季加工生产极不平衡。淡季工厂设备几乎闲置，旺季却要超负荷生产，产品质量难以保证。例如，肉联厂在旺季时生猪大量涌到，加工来不及，猪舍存不下，掉膘、疫情和死亡损失严重，仅1980年，死猪即近40万头，损失肉源1亿斤，冷库也装不下，只得削价处理，使国家财政损失14.7亿元。而且，为了均衡供应，肉联厂只得多生产、贮存冻结的半白条肉，因其贮存期较长，可以调剂淡季的消费，但生产费用较高。国外80%以上的肉类都加工成冷却肉，而且其原料都是按计划工厂化生产的，可以均衡入厂，不会发生死猪及涨库的现象，加工成本低，质量也有保证。又如，鲜蛋也是因为有淡旺季，只得在旺季时大量冷却贮存，增加了冷库的需求量，增加了成本和损耗。国外由于养鸡也是工厂化生产，蛋品可以均衡上市鲜销，基本上用不着进冷库，只是在销售有

余额时，才将所余部份加工成冻蛋。美国全年产蛋约396万吨，加工成冻蛋的仅占3.81%。日本年产蛋196万吨，加工成冻蛋的仅占15%。

2. 肉类加工的综合利用还不充分，特别是在血液方面。我国采血一般是用自流收集的力式，血液污染严重，除极少量供食用，一部份加工成血粉外，大部份作肥料。国外采用真空封闭式采血，并使用抗凝剂，对血的利用极为充分。其他可食用副产品，国内外都是以食用为主，非食用副产品则制成生化药物、日用品和化学品等，但我国由于设备技术落后，多为粗加工制品，品种也少，国外则全为精加工制品，基本上没有废弃物。

3. 冻结设备品种少，产品不能多样化。由于加工厂主要是生产冻结的白条肉，故工厂内只附设有为此目的的鼓风冻结间，它占地面积大，造价也高，只适用于冻白条肉。盘装产品虽然也可冻结，但效率较低，也不便于连续化和自动化生产，工人要进入低温房间内操作易患职业病。近年来虽然一些企业试制成功自动进出货的卧式及立式平板冻结器和推盘式连续冻结装置，但前者只适用于冻块状产品，后者只适用于冻盘装产品。国外的冻结设备品种繁多，都是按生产需要研制的专用设备，体积紧凑，可在常温车间内安装。根据所用冻结方式、传送型式的不同，可分为鼓风冻结器、接触式冻结器、浸沉式冻结器和汽化式冻结器等四大类。大小规格不下数十种。我国仅能生产前两类中的三、四种，而专用于单个冻结的流床式和浸沉式冻结器，我国还不能生产，限制了产品向多样化方面的发展。

4. 海产品捕捞与加工设施简陋、不配套、加工能力不足。目前，我们所用的渔船，仅有少数有制冷设备，绝大部份的机帆船甚至没有隔热的船舱，带冰出海很快就要融解，在使用以前就要损失20%。只有少数渔船配有鱼箱，大部份捕获的鱼只能散装，舱底的鱼货容易被压坏变质。随渔船出海的收鲜船也不够，只能收购渔获物的10~15%，而渔船的航次长达12天，一般冰鲜鱼的保鲜期只有10~12天，因而渔船回港后，舱底部早期捕获的鱼货质量均较差。国外渔船都有隔热设备，只有专门为加工鱼粉的鱼类才用散装，食用鱼都加冰箱装，出航时间长的还有加工母船跟随，随时把捕获的鱼货进行冷却或冻结或加工成罐头，保证了鱼货的质量。我国港口设施也很不完善，全国有370个渔港，其中设有机械装卸设备的不到70个，附建有冷库的不过200个。制冰厂的制冰能力严重不足，一年只能生产150万吨冰，能用于渔业的最多130万吨，而且冰的生产工艺落后，质量不好，破碎后易融化或复结成冰团，冰鱼的效果不好，即使如此，也最多能得到冰鲜鱼130万吨，其余150万吨，质量较好的以白鲜或盐腌鱼销售，变质的做成鱼粉或作肥料。港内装卸设备不足，有的渔港连码头也没有，渔汛旺发时常是多日卸不下来或是要经过多次转驳才能运到加工站，很多鱼货因此变质，但到淡季时，全部设备都要闲置，年利用率仅为20~30%。

5. 水果蔬菜和鲜蛋，在产地都没有冷库，产品不能预冷。产品绝大部份要在常温下运输、贮存和销售，影响了产品的贮存期和质量，增加了损耗。即使有一部份能放进销售区的冷库，也由于采收后在常温下滞留过久，容易变质，使贮存期缩短。据粗略估计，每年水果因变质而损失者达20%，蔬菜为10~30%，北方冬季贮存的大白菜损耗达40~50%。国外在产区中心都设有果蔬包装站，产品收获后在几小时内即可送去加工并

预冷，再行贮存或运往市场，产品非常新鲜整齐。残次产品则加工成果汁、果酱、果酒及罐头等，加上早晚熟品种搭配，可以做到许多品种能全年上市供应。

二、易腐食品的销售

我国的易腐食品在农村都是在常温下销售，而在大中城市，有小部份已逐步转为在低温下销售，其余仍是在常温下销售。

肉、禽、水产一般是由城市附近的分配性冷库，用敞棚车或保温车运至副食品商店，绝大部分是冻白条肉和冻鱼块的形式。冻鸡直接销售，冻猪半白条泡在冷水中化冻后再剔骨分割出售。冻鱼块则是打碎后出售。少数有冷藏柜或店后小冷库的商店可以全天出售，没有配备冷藏设施的，则将当天卖不完的商品加冰保存或是采取限制进货的方式，售完为限。

蛋类由普通仓库或冷库运到商店，少数冻蛋液则直接供应食品厂制做糕点。

蔬菜绝大部分由生产者直接从田间运往商店销售，少部份暂存入冷库或加工成腌菜。在生产旺季，商店货架存不下，只得在室外露天堆放，变质不能食用时再由生产者运回去做肥料。

水果是在产地装篓，用敞棚车运到销区仓库或冷库，经过挑选后出售，一般是先出售有伤疤及有少量腐烂的，但由于在常温下水果腐烂变质较快，以至市上经常只见次果，好果比较少。

冷食品在我国销售还不普遍，只在大中城市中有少量生产，品种也较少，只有冰淇淋、雪糕、冰棍和刨冰等，至今尚没有完整的统计数字，据北京市1980年的估计，全市当年约消费冰淇淋600万公斤（约合每人每年0.8公升）冰棍约2亿支。

此外，外贸系统向有关部门收购冷却冻结食品。还利用本身的制冷设备试制小包装的速冻蔬菜、水果、点心和盘菜，主要供出口。据统计，近年米，每年约出口冻结食品20多万吨，冷却食品60多万吨。

在零售点设置冷藏设施，是七十年代才开始的，到1980年，共装备有8~12米³小型冷库1432座，3米³冷柜2784个，半数设在三大市的中心菜市场中。据使用单位介绍，增加零售冷藏设施后，一般可扩大销售量15~30%，在县城里甚至可成倍扩大冻食品的销售，在费用开支上比夏天用冰保鲜要节约40~50%，每套设备的投资在4~8年内便可以回收，而且可减少变质损失，受到普遍的欢迎。

当前，零售环节存在的主要问题是：副食商店中，小冷库和冷柜数量太少，家庭中冰箱的使用才刚刚开始，成为这个冷链终端最薄弱的环节，远远不能满足扩大销售和保证质量的需要。据统计，全国大中小城镇共有副食品销售点约五万八千个，处于县城以上城镇的有二万四千个。城市的商店有小冷库或冷柜的还不到18%，按城市人口平均每3~4万人才有一台，按全国人口平均就更少。而日本在1978年已在商店中装备有冷柜34.5万台，按全国人口平均每千人即有3台。家用冰箱日本的年生产量达600万台上下，90%以上家庭有冰箱，而我国1982年的产量不过20万台，家庭普及率还不到5%，相差就更远了。

第三章 食品冷藏链(二)

——贮存与运输

一、易腐食品的贮藏

易腐食品的贮存主要依靠冷藏库,我国的冷藏库按食品的经营范围的不同分属于商业、农牧渔业、外贸、轻工等部,其中以商业部所属的最多,据1981年末统计,商业部系统冷库容量已达168万吨,外贸系统约26万吨,水产部门约20万吨,轻工部门数字不详,但为数不多,全国共计约达冷藏量220万吨,比解放前的3万余吨增加了七十倍。

按贮存商品划分,用于存放肉、禽、鱼等冻结物的约为170余万吨,存放蛋、水果及蔬菜等冷却货物的约40余万吨。不包括专用来储冰的冰库,也不包括民间传统的土窖,据不完全统计,全国约有水果窖55万吨,蔬菜窖34万吨左右。

全国冷库网点已普及于各省、市、自治区,初步形成了一个以大、中、小型冷藏加工企业与冷库相结合的全国冷库网。以肉、禽、蛋类冷藏企业为例,1981年末全国有各型冷库1025座,其中容量在5000吨以上者72座,共约78万吨,1000~5000吨者有193座,共约44万吨,容量在1000吨以下的为760座,共约32万吨。

大型冷库多数采用多层建筑,现浇钢筋混凝土无梁楼盖,层高4.2~4.8米,楼板承载能力为2吨/米²。容量在1000吨以下的冷库多数采用单层建筑,大多是预制钢筋混凝土装配式结构,层高5~6米。所有冷库的外围结构都是砖砌墙体。

以上形式的冷库占商业冷库的绝大部分。此外,在地形和地质许可的条件下,也建设了一些容量数百吨至15000吨不等的山洞冷库。为了适应在缺乏建筑材料的牧区和边远地区较快发展冷库的需要,还建设了一批小型的石拱复土冷库或预制聚氨酯夹心隔热板装配式冷库。

关于冷库的搬运作业,由于商业冷库贮存的主要是白条肉,形状不规格,很难使用机械操作,绝大多数是用人工堆码,平面输送吊轨或手推车。近年来已有少数冷库试制成功水平运输电瓶叉车和叉式码垛车及托盘车,用于运输、堆码有包装的或形状规格化的货物,也可用在运输装白条肉的小车至冷库内,将其提升再辅之以人工码垛。

商业冷库的制冷装置,除零售性小型冷库和冷柜使用氟利昂制冷剂外,其它冷库都使用氨制冷剂。500吨以上的供液方式采用氨泵再循环,500吨以下的大多采用重力供液。装置按工况分设两个或三个蒸发系统。-15℃系统用于制冰、冷却或冷却物的贮存;-28℃系统用于冻结物贮存;-33℃系统用于冻结。

冷却物贮藏间系用空气冷却器降温,设有各种形式的均匀送风道,库温在-1~

10°C之间调节，有些库房还设有专门换气的设施，每昼夜换气三次。冻结物贮藏间的蒸发器大多采用光滑管制作（少数旧库有用翅片管的），平时用人工除霜，货物清库后用热氨融霜。

冷却间和冻结间，大多采用系列的空气冷却器，用水或热氨冲霜，冷却间温度一般为-2~0°C，冻结间温度一般为-23°C，冷却冻结（指一次冻结）的时间约为16~20小时。家禽冻结间用吊轨悬挂吊笼或笼式小推车装盘进行冻结；冰蛋冻结间都是用于冻结听装液蛋，大多采用吹风搁架冻结装置。

近年来，小包装食品逐渐增多，外贸也需要速冻蔬菜产品和方便食品。为了满足上述需要，发展了一些专门的冻结设备，如立式及卧式平板冻结器，液氮冻结器和水平传动连续速冻装置等。立式和卧式平板冻结器已批量生产。

商业冷库所用的制冷机主要是机械部门制造的氨、氟里昂通用的系列化产品，少数冷库使用国产喷油螺杆式压缩机。制冷辅机包括各式冷凝器、氨泵、凉水塔、各种压力容器、阀门，现都已有国产系列产品。七十年代以后又试制成功各种自控元件，并试建成一批制冷装置、全部或部份操作自动化的冷库。

其他部门的冷库和商业系统的都是大同小异，仅水产冷库附带的冰库和制冰能力比商业系统的大得多，几乎和水产品的冻结量及低温贮存量一般大。

当前，易腐食品在贮存上的主要问题是：

1. 冷库的布局与数量不能适应冷藏链的要求：我国冷库布局的特点是果蔬只在大城市附近有分配性的中型冷库，产地和销售点都没有冷库或冷藏设备，肉类和水产品则产地有库而销售点缺少冷库或冷藏柜，或者有也为数甚少。产地无冷库，果蔬不能在采收后立即消除田间热，缩短了贮存期，在运输销售过程中容易变质腐烂。销售点没有冷库或冷藏柜，就不敢多进货，夏季货物的质量也没有保证。

冷库的总容量也嫌不足，1981年全国冷库总容量约为220万吨，人均占有容量约2.2公斤，仅能贮存当年食肉量的十分之一，当年进入市场的水果量的十分之一，因而大部份产品只能在常温下销售，所销售的大多是质量较次的水果、蔬菜和成熟度不充分的鲜肉，或有气味的鱼类。与国外相比，1977年，美、日、苏三国分别有冷库容量1860、610和600万吨，人均拥有冷库容量为87、54和23公斤，至少比我们多10倍。

2. 冷库贮存的品种单一，不能充分发挥其经营能力。商业冷库绝大部分贮存肉类，主要是猪、羊、牛的白条肉，即都是原料，很少有成品或半成品，也很少有除肉类以外的其他品种。贮存白条肉这种方式很不经济，一是白条肉约带有10%以上的骨头，冻结时浪费了能量和增加了运输量；二是白条肉形状不规则，每立方米净容量只有250至400公斤，浪费了冷库的空间。而且，我国的生产季节性很强，常常是一到生产旺季，冷库就容纳不下，需大量处理，而过了这个季节又无货可存，因此就有一个如何提高冷库的利用率问题。解决的办法是使冷冻食品的品种多样化，并尽量做成半成品或成品。凡是可以进行冷冻加工的食品都冷冻起来，使不论冬夏都有货物可以冷冻和贮存，能够全年均衡供应。西欧共同体六个主要国家（法国、西德、意大利、挪威、英国、丹麦）1978年共生产了冻食品235万吨，其中蔬菜占25%，土豆及其制品占12%，水果及果汁1%，鱼产品15%，肉类9%，糕点6%，预制食品6%，家禽24%，其他2%。

美国1982年冻结了水果、蔬菜近百个品种,共计370万吨,可见其多样化的程度。上述数字还不包括冰淇淋,据1978年统计,西欧共同体冰淇淋人均消费量大致是每人每年5公升,年产量在100万吨以上,这也要占用部份冷库的容量。

3. 土建施工方法陈旧,建设周期长,隔热材料品种少,价格高,影响冷库土建的技术革新。目前,我国冷库不论大小,绝大多数是现浇钢筋混凝土构件,砌砖石墙体,然后在外墙内部加隔热层。主要使用人工,工序繁多,施工期长,万吨库土建施工期最少要一年,全部完成到投产要二至三年,小型土建工期最少要六至七个月,全部投产要一年以上,影响了投资效果。冷库的隔热材料目前大部份是稻壳,虽然价钱很低廉,热惰性大,但多占面积,不防火,还要不时翻晒,不能装配化。而能够制造装配式墙体的隔热材料聚氨基甲酸乙酯,则价格较贵,只能因地制宜地进行推广。

国外由于塑料工业发展,聚氨基甲酸乙酯价格已与普通的隔热材料差不多,因而近二十年来,采用预制轻型钢架灌注聚氨酯夹心板的装配化冷库得到大量发展,已成了近代冷库建筑的主要形式。一般大型库施工期只要六个月,小型库三个月,加上制冷设备的组装化,冷库的投产时间可缩短三分之二以上,大大加快了投资的回收速度。

4. 库内运输堆码主要靠人工,劳动强度大,工作条件差,进出库时间长。商业冷库贮存白条肉,由于形状不规则,不能整齐堆码,不便于机械化,主要使用人力。果品冷库虽然都有包装容器,可以利用机械运输设备,但设备都是各企业自发试制的,没有专门厂家生产配套供应,即使有机械帮助提升,但仍需要人工堆码整齐。条筐包装规格不标准化,强度很低,堆高了会压破变形。因此不论肉类或果蔬冷库,货物都只能堆3~4米高,不能充分利用库容。货物到进出库时,即使采用人海战术,拼体力,一个工人一天也仅能搬运3~5吨,速度仍然很慢,影响了冷藏列车的周转率。白条肉每块重量在25公斤以上,果品每筐重量在30公斤以上,工人穿棉衣在库内工作,经常汗流夹背,在库内低温条件下,很多人都有职业病。

国外由于都已采用小包装食品,库内运输已全部机械化,绝大部份都是用带框架或不带框架的标准托盘,货物用电瓶叉车运输和提货,可堆到五个带框架托盘的高度,每平方米地面荷载可达5吨。有的库房还设置固定的或可移动的钢制货架以堆放托盘,也有少数库内用天车吊装堆放集装箱或用电子计算机控制进出货的巷道运输机,把货物放到固定货架上,房屋高度可达16米以上,库内基本上不需要工人进去,每小时可进出货数十吨。

二、易腐食品低温运输

我国易腐食品低温运输主要是依靠铁路、其次为公路,内河航运及海运。

铁路上的保温车到1980年共约有2300辆,其中机械保温车约980辆,共组成70列,每列自5辆至20辆不等,小部份还可单辆运行。其余是冰盐保温车,每辆都可单独运行。

机械冷藏车车箱长15米至21米,宽2.8至3.1米,高3.1至4.4米,有效装货容积70~90米³,载货量30~40吨(目前实际达到的装货量平均每辆为24吨多)。采用聚苯乙烯或

聚氨酯泡沫作隔热层,设计总传热系数K值为 $0.25\sim 0.4$ 千卡/米²·时·°C。制冷机为双级氟利昂半封闭压缩机,标准产冷量为9000至21000千卡/时,车箱内温度低达-18°C,除去各铁路线上的不定期货运列车外,现有三次定期运行的快运货车,分别由郑州、武汉和上海到达广州,以供应香港和澳门所需的易腐货物,列车的速度约为每小时25公里,周转时间平均为14天。

冰盐保温车车箱长约14至16米,宽约2.9米,高约3米,有效装货容积62~75米³,载货量24~30吨,装冰6~7吨,设计总传热系数K值为 $0.4\sim 0.6$,车箱内温度最低可达-8°C。这种车辆在装货前后和运行一段路程之后需要加冰及盐,因此,除了在冷库设有制冰车间、冰库、盐库和加冰设备之外,铁路部门还在主要干线沿线设置了加冰所23个,制冰厂10个,总制冰能力约为440吨/日。加冰所之间的距离约为350~550公里。

1980年,铁路的易腐货物运输量约为800余万吨,其中鲜菜占37%,鲜果28%,冻肉13%,蛋类5%,水产7%,但在上述货物中,只有130万吨是用保温车运输的,机械保温车占66.5%,加冰保温车占33.5%,机械冷藏车的平均运距达1625公里。

远洋冷藏运输还没有专用的冷藏船,主要是依靠带冷藏舱的普通货船,正在营运的共有57艘,舱容大于9万米³,采用聚氨酯作隔热层,R22活塞式制冷压缩机,舱内温度可在+10°C至-25°C之间调节,年运输量共计约3万吨。

内河和沿海各港口之间的运输有专用冷藏船约150艘,总载货量近4万吨,每艘载货量自50吨至1000吨不等,隔热材料主要采用聚苯乙烯塑料板,厚度为150~200毫米,总传热系数K值为 $0.3\sim 0.35$ 千卡/米²·时·°C。采用氟利昂或氨制冷压缩机。

保温运输汽车共有5000多辆,少数是进口的机械冷藏车,大部份是自制的不带制冷设备的保温车。我们还没有采用喷淋液氮或液体二氧化碳的车辆。车体用金属内外壳,中夹聚苯乙烯塑料板作隔热层,总传热系数为 $0.4\sim 0.7$ 千卡/米³·时·°C。装货容积8~21米³,载货量为2~7吨不等。由于我国冷藏企业中,除有约12%修建了铁路专用线、能用铁路冷藏、保温车外,大部份企业主要使用保温汽车,将产品运往分配性冷库,或送往销售点。由分配性冷库到销售点或由港口冷库到码头等也主要是使用保温汽车,但运输距离都不太长。

上述车船,除大部份的铁路机械冷藏车和极小部份的冷藏船及保温汽车之外,其余都是国内自制的,目前正在试制采用冷板制冷的铁路冷藏车、冷藏集装箱、机械冷藏汽车和喷淋式冷藏汽车等。

当前,易腐食品低温运输的主要问题是:

1. 运输车辆严重不足,运输中的腐烂损失很大。我国的易腐货物,除蔬菜外,年生产量达1000余万吨,根据食品冷链的要求,必需采用冷藏保温、车船来运输,才能保证质量。按我国的地理情况,主要应用铁路和公路保温车,而这种车辆数量严重不足,铁路各种保温车辆不过2000余辆,年运输能力只为130万吨,仅能满足需要铁路运输的易腐货物800余万吨的15~20%。公路保温汽车的运输能力更远远不够,许多冷冻货物只能用敞棚车运输,既不能保证温度,又容易污染食品,损失严重。特别是水果、蔬菜,由于产区没有冷藏库不能预冷,只得在冷藏车内边运输边进行冷却,而车内的制冷设备是按运输已冷却的货物设计的,产冷量不足,温度降不下来,到达目的地后的腐烂损失有

时达30%以上。和国外相比，美国在七十年代末，有铁路冷藏车五万余辆，冷藏汽车30余万辆；法国有铁路冷藏车4500辆，冷藏汽车4万辆，最少比我国多10倍。

2. 车辆制造能力严重不足

根据初步测算，铁路冷藏、保温车辆必须在很短时间内达到8000至1万辆，才能勉强满足近期的需要，公路冷藏、保温汽车的需要量更大，而目前我国的生产能力，铁路保温车生产量不超过每年300辆，远不能达到上述目标，必须发动多方面的力量，制造其他类型的运输设备，如保温集装箱及机械制冷集装箱，以便利用现有的平板车、敞棚车，达到低温运输的目的，且可以节省货物的装卸费用。当然，要统筹安排集装箱的回空问题。

第四章 低温与超导电技术

我国的低温技术与研制工作方面很广泛，包括空间低温技术、低温量测技术、应用超导技术、氦技术、气体分离与液化以及低温生物学与冷冻医疗等，除后三项分别在第五章与第八章中叙述外，本章特介绍前几项工作的简况。

一、低温技术

(一) 微型制冷机

由于卫星上、武器上、红外器件及超导器件都需要低温，已发展了多种型式的微型制冷器。主要有节流型、维留麦型、斯特林型、吉福—马衍（以下简称G—M）型、逆向布雷顿循环（以下简称R—R）型以及辐射致冷型等。我国微型制冷机的研制项目几乎遍及国外文献中报道过的大部分型式的制冷机。有些类型的制冷机已付诸实用。

为红外探测元件的冷却采用了单级的与双级的节流型微型制冷器。在空载红外器件中满意使用的是一种用液氮预冷的氮节流制冷器。其中换热器的制备工艺是把铜翅片紧绕在高压管上而不用锡焊，传热效果比锡焊的翅片管要好。还配置了一个液氮预冷用的自动热阀，使启动时间大大缩短。

在卫星通讯地面接收站中使用了G—M型制冷机来冷却参量放大器。制冷机的结构大致仿照国外的原机。试制的制冷机中设计了平面型旋转配气阀。试验中发现气动浮塞方式具有可调节制冷机运转参数的好处。在浮塞的驱动气路中配置一个细调阀，改变阀的开启度可以调节浮塞的动作时间，从而达到更低的制冷温度或更平稳的浮塞动作。在二级制冷机中达到8.5K的冷端温度。降低工作压力或调节浮塞动作时间以减小氦气循环量会使制冷量降低，但无载的冷端温度变化不大。这种特性表明用铅丸作为二级蓄冷器填料时，制冷机在约15K以下温度的冷损失主要是由蓄冷器的不够理想造成的。

国内改进了国外维留麦循环的制冷机的设计，采用低的工作压力，以减小对机器结构强度和气密的要求。气缸壁的减薄使传导漏热降低；低温蓄冷器填料改用磷铜网与铅丸的组合，提高了换热性并降低了气流阻力；曲轴箱与工作空间隔离开，减小了死隙，提高了高、低压力比；并适当提高了制冷机转速。这些改进，使得一个尺寸与国外机器相仿的制冷机达到了无载温度9K，而在15K下制冷量2瓦。这台样机虽已取得成功，但为了使样机变成产品，还必须开展降低功耗、提高可靠性以及进行深入的工艺及材料的研究。

R—R型也就是逆向布雷顿循环的旋转反复式制冷机，国内尚未开始研究。

目前国内微型制冷技术正在开展的主要课题是无磁斯特林机。辐射制冷器已成功地通过地面的热真空试验及力学试验,接下去的工作是可靠性的研究。由直线马达及其他附加机构推动的位移器所做成的分置式制冷机已进行试验,并取得较好的效果,现在过渡到气动型分置式的研究。

(二) 低温容器及液面计

1. 杜瓦瓶

国内早期制造的液氮容器中采用多层隔热材料与气冷铜屏的组合,现在则多改用类似于法国液态空气公司产品中的气冷铝箔多屏结构。一般采用10~15屏便可。金属的液氮实验容器中也常采用这种隔热结构,一次充液可维持实验数天到两、三周。

多层隔热材料仍在液氮容器中使用,特别是工业生产的生物制品低温容器。容器抽空工艺的一种改进是用二氧化碳置换空气,以大大缩短抽空时间。

2. 液面计

超导液面计与电容式液面计都已用于指示氮液面。实验杜瓦瓶中常使用多点的超导液面计定点指示器,也使用超导线连续液面计。但是当液面以上蒸气流较强时,其指示常不可靠。消除以上缺点的一种方法是将连续的超导线均匀划分为若干段,在每一段的上端都绕上几圈加热丝,加热丝一端与超导线连接,另一端引出到低温容器外。使用液面计时,根据液面的高低而将电流通到相应的引出端上。由于加热丝分别与各段超导线靠得很近,所以液面计的反应快而且可靠。同时液面计的发热功率,即使在液面低时,也是很小的。

通常的电容式液面计的缺点是零点漂移不易消除。当变压器电桥工作在非平衡模式中时,将电桥的失平衡输出接到一个运算放大器电路,则电容和液面的变化可以直接比例地读出。液面计的标定很简单,只需取液面在同轴电容上下两端时的读数,然后线性内插就可以了。

电容式液面计的一种创新的设计是分节式电容传感器。同轴电容的外管均匀地分割为互相绝缘的若干节。自上而下顺序编号的各单数节与各双数节分别并联成两个电容并接到电桥中进行比较。电桥的输出电压随液面高度的变化形成一个周期的三角波形,其各峰与谷对应于各节电容的终端。因此峰、谷的出现就给出了液面的准确高度,不存在零点漂移问题。液体中的温度分层对液面指示的影响也很小。这种液面计已成功地用于液氮技术中,它特别适用于液面的动态指示,精度可优于 $\pm 0.05\%$ 。

3. 温度测量

国内已复现了国际标准温标-68。6个低温固定点的复现精度为1至5毫K。由4支 $\phi 5 \times 50$ 毫米的铂壳铂电阻温度计组成标准温度计组,其精度为 ± 2 毫K。温度计的分度遵循国际上的标准程序。

金-铁合金(含Fe0.03~0.07%)对铜或镍铬的温差电偶在国内使用最广,一方面是由于它们使用起来很简便,另外也是由于其它类型温度计的研制或生产尚不甚成熟。铜-铁合金也开始用作温差电偶材料。

国际上各种重要类型的温度计大都在国内各实验室中进行试验或研制。但已研制成熟进行工业生产的还不多。