

果蔬贮藏质量控制方式

【教学目标】明确各种果蔬质量控制方式对环境因素控制的特点、性能与操作；掌握相应的贮藏设施的设计、建立与应用技术。

掌握采后果蔬质量的控制是通过控制贮藏果蔬的设施中的温度、湿度与气体成分等环境因素来实现的。不同类型的贮藏设施，提供果蔬贮藏保鲜所需环境条件的性能与方式不同，对贮藏中果蔬质量的控制效果也不同。

3.1 简易贮藏

简易贮藏是传统的贮藏设施，包括堆藏、沟藏和窖藏三种基本形式以及由这三种形式衍生而来的冻藏和假植贮藏。简易贮藏作为果蔬产品质量控制方式，有着悠久的历史。由于建造方便，成本低，运用得当可以获得较好的质量控制效果，因而在我国农村世代相传，至今仍占有一席之地。

3.1.1 堆藏

1. 特点与性能

堆藏是将果蔬产品堆在室内或室外平地或浅坑中的贮藏方式。堆藏产品的温度主要是受气温影响，同时也受到土温的影响，所以秋季容易降温而冬季保温却较困难。这种贮藏方式一般只适用于北方秋季果蔬的贮前短贮和果蔬采收后入库前的预贮。宽度是影响堆藏温度的控制因素，增大堆藏的宽度，降温性能减弱而保温性能增强。另外，由于堆藏产品内部散热慢，容易使内部发热，所以叶菜类产品不宜采用堆藏形式。

2. 形式与结构

堆藏一般堆高为 1~2m，宽度多为 1.5~2m，长度依果蔬的数量而定。通常在堆表面覆盖一定的保温材料如薄膜、秸秆、草席、泥土等。

3. 管理措施

根据堆藏的目的及当时的气候条件，控制好分层覆盖和通风，以维持堆内适

宜的温度、湿度条件，防止果蔬受热、受冻和水分过度蒸发，进行果蔬质量控制。

3.1.2 沟藏

1. 特点与性能

沟藏也叫埋藏，是一种地下封闭式贮藏方式，产品堆放在地面以下，所以秋季降温效果较差而冬季的保温效果较好。沟藏进行果蔬质量控制主要是利用土壤的保温性能维持贮藏环境中相对稳定的温度；同时，封闭式的贮藏环境，还具有保湿和自发气调的作用，从而获得适宜的控制果蔬质量的综合环境。较宽的沟藏常设置底部通风道系统，以随时排除产品的呼吸热，维持贮温恒定。

2. 形式与结构

沟藏是将果蔬堆放在沟或坑内，达一定的厚度，面上一般只用土壤覆盖。用于沟藏的贮藏沟，应选择在地面平坦干燥，地下水水位较低的地方；沟以长方形为宜，长度视果蔬贮藏量而定；沟的深度视当地气候条件、贮藏果蔬的种类而定，华北地区一般为 1.0~1.2m，东北地区及华北寒冷地区为 1.2~1.5m；宽度一般在 1.0~1.5m；沟的方向一般为东西向，平底直沟，寒冷地区以南北向为宜，以减少寒风侵袭。为了便于空气流通，在沟底顺沟长方向挖一条 10cm×10cm 的通风纵沟并沿两头直通地面；顺沟每隔 3~5m 再挖同样一条

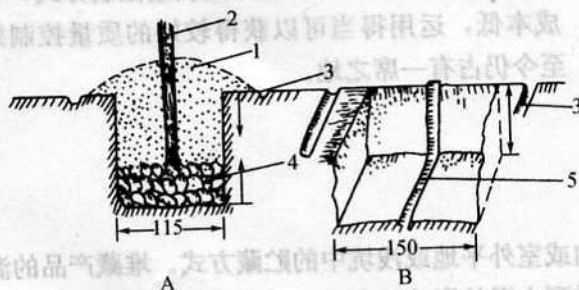


图 3-1 果蔬沟藏/cm

A. 北京萝卜沟藏；B. 陕西果蔬沟藏

1. 覆土；2. 通风塔；3. 排水沟；4. 产品；5. 通风沟

风横沟，形成纵横交错的通风系统（图 3-1）。

3. 管理措施

将采收后的果蔬进行预贮散热，除去果实的田间热，降低呼吸热。按要求的贮藏沟，放置果实前在沟底平铺一层洁净的干草或细沙，将消毒后的果实小心放入，也可整箱整筐放入。南方地区高度距地面 10cm，北方地区高度距地面 30cm 为宜，以保证果蔬产品不受冻害。对于容积较大的贮藏沟，在中间每隔 1.2~1.5m 插一作物秸秆，以利通风散热。随着外界气温的变化逐步进行覆

或覆土、堵塞通风设施，以防降温过低。为观察沟内的温度变化，可用竹筒插一支温度计，随时掌握沟内温度情况，最后在贮藏沟的左右开一条排水沟，以防外界雨雪的渗入。

3.1.3 窖藏

1. 性能与特点

窖藏在地面以下，受土温的影响很大；同时设有通风口，受气温的影响也很大。这两种影响的相对程度，则依窖的深度、地上部分的高度以及通风口的面积和通风效果而有变动。窖藏控制果蔬质量是通过一方面利用土地的隔热保温性以及窖体的密闭性保持稳定的温度和较高的湿度，同时又可以利用简单的通风设备来调节控制窖内的温度与湿度，在贮藏环境控制方面较沟藏与堆藏增强了主动性。

2. 形式与结构

窖藏是沟藏的演变和发展，类型多样，以棚窖最为普遍。

(1) 棚窖 棚窖是在地面挖一长方形的窖身，并用木料、秸秆、泥土覆盖成棚顶的窖型。是一种临时性的贮藏场所，主要用于苹果、梨、大白菜、萝卜等耐藏性较好的果蔬的贮藏。棚窖有地下式和半地下式两种（图 3-2）。棚窖的宽有 2~3m 和 4~6m 两种，长视贮量而定，一般为 20~50m。窖顶上开设若干个窗口（天窗），供出入和通风之用。

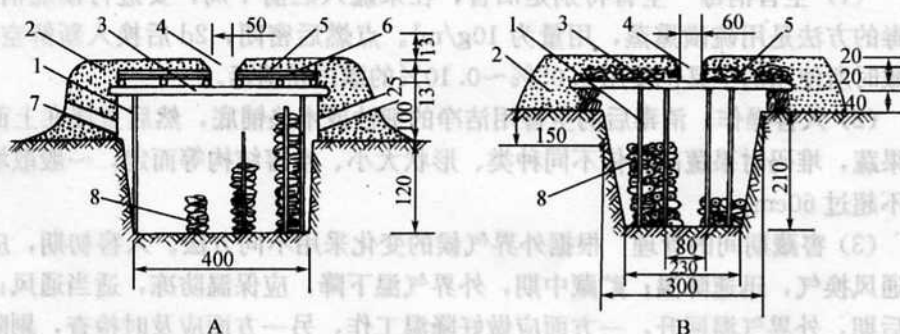


图 3-2 棚窖示意图/cm

A. 半地下式（北京）；B. 地下式（沈阳）

1. 支柱；2. 覆土；3. 横梁；4. 天窗；5. 秫秸；6. 檀木；7. 气孔；8. 大白菜

(2) 井窖 井窖是一种深入地下封闭式的土窖，窖身全部在地下，窖口在地上，窖身可以是一个，也可以是几个连在一起。深度一般为 3~4m，底宽 2~3m，南充地区的吊井窖是目前普遍采用的井窖形式（图 3-3，图 3-4）。

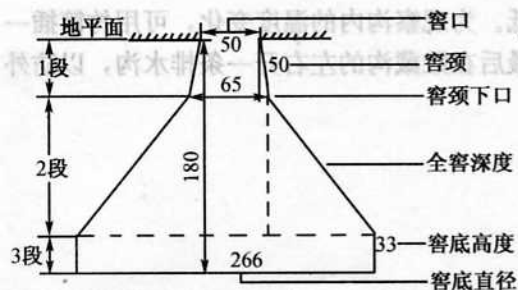


图 3-3 井窖纵界剖面图/cm

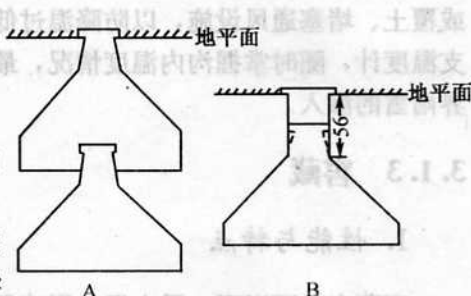


图 3-4 井窖示意图/cm

A. 双层窖; B. 双盖窖

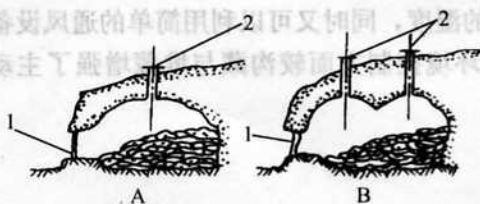


图 3-5 窖窖示意图

A. 单拱浅窖; B. 双曲拱大窖

1. 窖窖门; 2. 窖窖通气孔

(3) 窖窖 窖窖贮藏是我国西北地区普遍采用的一种贮藏形式，主要在地势高燥、土质紧密的山坡或土丘上挖窖洞，也可建成地下砖窖。窖窖的结构由窖身、窖门和通风孔组成，一般长 6~8m、宽 1~2m，窖顶厚度不少于 5m，窖窖内呈拱形或人字形（图 3-5）。

3. 窖窖的管理

(1) 空窖消毒 空窖特别是旧窖，在果蔬入贮前 1 周，要进行彻底消毒。消毒的方法是用硫磺熏蒸，用量为 $10\text{g}/\text{m}^3$ 。点燃后密闭，2d 后换入新鲜空气。贮藏时所使用的工具也要用 0.05%~0.10% 的漂白粉消毒。

(2) 入窖操作 消毒后的空窖用洁净的细沙或木垫铺底，然后直接在上面堆码果蔬，堆码时果蔬高度依不同种类、形状大小、空窖结构等而定，一般散堆高度不超过 60cm。

(3) 窖窖期间的管理 根据外界气候的变化采用不同方法。入窖初期，应加大通风换气，迅速降温；贮藏中期，外界气温下降，应保温防冻，适当通风；贮藏后期，外界气温回升，一方面应做好降温工作，另一方面应及时检查，剔除腐烂变质果蔬。

(4) 清窖 窖内果蔬产品全部出窖后，应立即将窖内打扫干净，同时封闭窖口及通气孔，以备第二年使用。

3.1.4 冻藏和假植贮藏

冻藏和假植贮藏是埋藏和窖窖的特殊利用形式。

1. 冻藏

冻藏是利用自然低温,使果蔬处于微冻结状态下而进行贮藏的一种方式。多用于耐寒果蔬的贮藏,如柿子、菠菜、芹菜、茼蒿等。

冻藏是在入冬上冻时将收获的果蔬排放在地面木架上或放置于地沟中,利用自然低温使其冻结,整个贮藏期都处于冻结状态。在上市前将其缓慢解冻,解冻时温度不可升高过快,否则会加速果蔬变质;解冻后的果蔬应立即食用或处理,不宜长期存放。

2. 假植贮藏

假植贮藏是将连根收获的蔬菜集中密植于一定沟或窖内,保持蔬菜较弱的生长活动的贮藏方式。多用于各种绿叶菜和幼嫩蔬菜,如芹菜、油菜、花椰菜、甘蓝等。假植贮藏可使蔬菜从土壤中吸收一些水分,补充蒸腾作用的损失,达到长期保鲜的目的。

假植贮藏的蔬菜要连根收获,单株或成捆假植,只能假植单层,不能堆积,株(捆)间要留有适当空隙,上盖稀疏覆盖物。保证有微弱散光透过,维持微弱的光合作用,防止黄化。贮藏期间,土壤干燥时应及时灌水,不使果蔬过度失水,保持植株的新鲜状态。

3.2 通风贮藏

通风库贮藏是由棚窖发展而来的,形式与性能很相似,只是已将其变为砖、木、水泥结构的固定式建筑,因此又叫固定窖。这是目前中国各地果蔬贮藏的重要设施。

1. 通风贮藏的概念及特点

通风贮藏是采用良好的隔热材料建筑库房,利用库内外温度变化的差异,通过通风换气设施,使库内、外空气发生对流,以保持库内适宜而又稳定的温度的一种贮藏方式。通风贮藏属于自然冷却贮藏范围,对贮藏环境的控制也是通过利用空气对流的原理,引入外界空气而起到降温的作用的。由于建造通风库时设置了更完善的通风系统和隔热结构,所以其降温和保温的性能都比棚窖大大提高。

通风贮藏库和其他自然降温贮藏相比较,具有如下特点:

- (1) 具有良好的隔热建筑材料,库体保温性能较好,具有良好的温度保持能力;
- (2) 具有较完善的通风设施,降温速度较快,具有较强的温度调节能力;

- (3) 贮藏量大；
- (4) 贮藏范围较广；
- (5) 工作人员进出方便，易操作管理。

2. 通风贮藏库的类型与性能

通风贮藏库根据库体的位置可分为地上式、半地下式和地下式三种类型

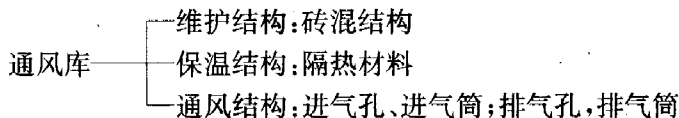
(1) 地上式 地上式通风库的库体全部处在地面以上，库体全部采用隔料建成，受外界气温影响最大，保温性能较差，但通风换气效果最好，降温快。主要适合于较温暖的地区及地下水位较高的地区。

(2) 地下式 地下式通风库的库体全部处在地表面以下，受外界气候影响小，保温性能最好，但受地下水位影响大，挖掘土方量也大，同时通风换气慢，通风效果最差，常在我国北方寒冷地区采用。

(3) 半地下式 半地下式通风库的库体有 1/3~1/2 的库身处在地面以下，其性能也介于地上式和地下式之间。一般在较温暖的地区采用。

3. 通风库的结构和建造

从通风库的特点与性能不难看出，通风库作为果蔬贮藏保鲜设施，其结构与隔热结构密切关系到其控制果蔬质量的性能。所以，通风系统与隔热结构建造通风库的核心技术。



(1) 库址的选择 在建造通风贮藏库之前，首先应确定库体的位置，选址时应考虑以下因素：

① 地下水位 要以历年来最高地下水位为依据，库体应在距最高水位以上，防止库内产品湿度过大而导致腐烂。

② 通风条件 要求库房周围开阔，通风良好，空气新鲜无污染。

③ 库房座落 库的方向应遵循北方以南北向为宜，以减少迎风面；南东西向为宜，以减少东西晒。同时在库房周围种植阔叶树，用以遮挡南面的直射。

④ 交通条件 库址应选择在交通方便的地方，保证果蔬及时进出。

⑤ 动力条件 库址应选择在电源、水源充足的地方，保证常规管理的进

(2) 平面设计 通风库多建成长方形或长条形，库容不宜过大，一个库般长为 30~50m，宽为 5~12m，高为 3.5~4.5m，面积为 251~400m²。总大的单位，多分建若干个库房，组成一个库群（图 3-6）。建造大型通风库

- (3) 贮藏量大；
- (4) 贮藏范围较广；
- (5) 工作人员进出方便，易操作管理。

2. 通风贮藏库的类型与性能

通风贮藏库根据库体的位置可分为地上式、半地下式和地下式三种类型。

(1) 地上式 地上式通风库的库体全部处在地面以上，库体全部采用隔热材料建成，受外界气温影响最大，保温性能较差，但通风换气效果最好，降温速度快。主要适合于较温暖的地区及地下水位较高的地区。

(2) 地下式 地下式通风库的库体全部处在地表面以下，受外界气候影响较小，保温性能最好，但受地下水位影响大，挖掘土方量也大，同时通风换气速度慢，通风效果最差，常在我国北方寒冷地区采用。

(3) 半地下式 半地下式通风库的库体有 $1/3 \sim 1/2$ 的库身处在地面以下。其性能也介于地上式和地下式之间。一般在较温暖的地区采用。

3. 通风库的结构和建造

从通风库的特点与性能不难看出，通风库作为果蔬贮藏保鲜设施，其通风系统与隔热结构密切关系到其控制果蔬质量的性能。所以，通风系统与隔热结构是建造通风库的核心技术。

通风库 ———— 维护结构: 砖混结构
 ——— 保温结构: 隔热材料
 ——— 通风结构: 进气孔、进气筒; 排气孔, 排气筒

(1) 库址的选择 在建造通风贮藏库之前，首先应确定库体的位置，选择库址时应考虑以下因素：

① 地下水位 要以历年来最高地下水位为依据，库体应在距最高水位 1m 以上，防止库内产品湿度过大而导致腐烂。

② 通风条件 要求库房周围开阔，通风良好，空气新鲜无污染。

③ 库房座落 库的方向应遵循北方以南北向为宜，以减少迎风面；南方以东西向为宜，以减少东西晒。同时在库房周围种植阔叶树，用以遮挡南面的光线直射。

④ 交通条件 库址应选择在交通方便的地方，保证果蔬及时进出。

⑤ 动力条件 库址应选择在电源、水源充足的地方，保证常规管理的进行。

(2) 平面设计 通风库多建成长方形或长条形，库容不宜过大，一个库房一般长为 30~50m，宽为 5~12m，高为 3.5~4.5m，面积为 251~400m²。总贮量大的单位，多分建若干个库房，组成一个库群（图 3-6）。建造大型通风库群时

要注意合理的平面分配。在北方较寒冷地区，大都将全部库房分成两排走廊，宽为6~8m，走廊有顶盖与气窗，两端设双重门（图3-6）。

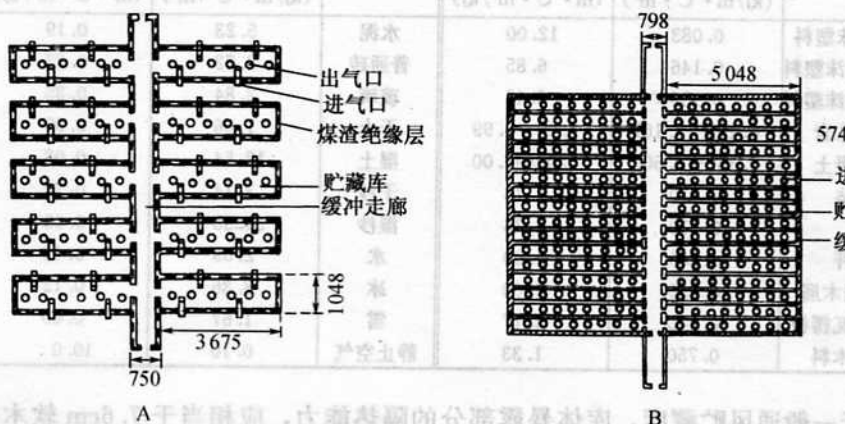


图3-6 通风贮藏库平面图/cm

A. 分列式; B. 联接式

中央走廊可起缓冲温度变化的作用，还可兼作分级、包装及临时存放主体建筑外，还要有各种辅助和附设房间，如工作室、实验室、器材等。

整个库群大小，主要按常年贮藏任务而定。库容根据单位面积贮量、单位面积容重及存放方式来计算。例如架贮大白菜每平方米库地面积贮350kg，码贮大白菜每平方米贮350~500kg，一个300m²的库房贮大白菜左右。一些果蔬的单位容重(kg/m³)大致如下：

马铃薯	650~700	胡萝卜	570	甘蓝	325~425	洋葱	540
苹果、梨	400~500	柑橘	350	甜菜	600		

(3) 库的保温结构 库墙、库顶、库门的保温结构及其结合处的严密性形成了库的保温结构，构成了通风贮藏库的保温性能。库墙、库顶、库门的性能首先决定于所用材料的导热系数，其次决定于厚度、暴露面的大小、严密程度。

① 库墙 生产上通风库的库墙多使用土墙、砖墙，常用中间填充保温材料(表3-1)来满足隔热要求。隔热材料要具有良好的隔热性能，不易吸水、不易燃烧，无毒，无异味。

隔热材料的选择应根据当地气候条件及资源条件而定，其隔热能力用热阻表示，热阻是指材料阻止热流通的能力。同时也可用导热系数表示，导热系数是指材料传递热量的能力，其大小为每平方米厚1m，内外相差1℃时，在1h内传递的热量(kJ)。导热系数与热阻成反比，导热系数越小，热阻越大，隔热性能

表 3-1 几种材料的隔热性能

材料名称	导热系数/ (kJ/m·℃·m ²)	热阻/ (m·℃·m ² /kJ)	材料名称	导热系数/ (kJ/m·℃·m ²)	热阻/ (m·℃·m ² /kJ)
聚氨酯泡沫塑料	0.083	12.00	水泥	5.23	0.19
聚苯乙烯泡沫塑料	0.146	6.85	普通砖	2.72	0.37
聚氯乙烯泡沫塑料	0.155	6.45	玻璃	2.84	0.35
膨胀珍珠岩	0.125~0.167	8.00~5.99	干土	1.06	0.95
加气混凝土	0.330~0.500	3.00~2.00	湿土	12.54	0.08
油毛毡	0.210	4.76	干沙	3.14	0.32
芦苇	0.210	4.76	湿沙	31.35	0.03
稻草秆	0.250	4.00	水	2.09	0.48
糠壳、锯木屑	0.250	4.00	冰	8.36	0.12
铝合金、瓦楞板	0.240	4.17	雪	1.67	0.60
炉渣、木料	0.750	1.33	静止空气	0.10	10.0

对于一般通风贮藏库，库体暴露部分的隔热能力，应相当于 7.6cm 软木板的隔热能力，热阻值为 0.36；冬季最低气温为 -20~30℃ 的地区，要有相当于 25~35cm 厚的软木板的隔热能力，热阻值为 1.2~1.7m·℃·m²/kJ。在选择隔热材料时，要充分考虑地区气候及隔热材料种类是否能满足隔热要求，即在一地区，各种热阻值要达到 0.36，寒冷地区，热阻值要达到 1.7。

例：华中某地拟建一通风贮藏库，内外墙采用砖墙结构，其厚度均为 24cm，中间用炉渣作隔热层，其厚度为 20cm，问能否满足隔热要求？如在寒冷地区最低温度为 -20℃，炉渣厚度应为多少？

解：各种材料的热阻值为

内墙：24×0.37÷100=0.09；外墙：24×0.37÷100=0.09；炉渣：20×1.33÷100=0.27。

总热阻为：0.09+0.09+0.27=0.45>0.36，所以能满足隔热要求。

在寒冷地区，总热阻应达到 1.2，设炉渣厚度为 x cm，则：

$$x \times 1.33 \div 100 + 24 \times 0.37 \div 100 + 24 \times 0.37 \div 100 = 1.2$$

$$x = \frac{1.2 - 0.09 - 0.09}{0.013} = 76.6 \text{cm}, \text{即需要 } 76.6 \text{cm 厚度的炉渣。}$$

② 库顶 通风贮藏库库顶受外界影响最大，所以库顶的热阻值应比库墙增加 25%，才能达到隔热要求。库顶一般有脊形顶、平顶和拱顶三种形式。脊形顶库房在南方温暖地区，可以在覆瓦下衬一层油毛毡和芦苇把；北方需做天棚，棚上设隔热材料，增加保温效果（图 3-7），但这种库顶耗材量多，结构也较复杂，一般不常采用。平顶即在库墙上铺设预制水泥板，这种库顶造价较高，库内利用空间小。拱形库库顶呈弧形，用砖和水泥砌成，比较牢固，可利用空间较大，目前在北方地区使用较多。

③ 门窗 库房的门窗在不妨碍管理的前提下,应尽量减少,并且宜设双道门,间距为1.8~2m,以缓冲来自外界的影响。门窗应以泡沫塑料填充,其保温效果更好。

此外,加强库墙与库顶等结合处的严密性,也十分重要。

(4) 库的通风结构 是保证通风库正常通风降温的主要设施。根据通风库的类型不同,设计不同的通风系统,才能确保通风效果。通风贮藏库的通风设施主要有进气孔和排气筒(图3-7,图3-8)。

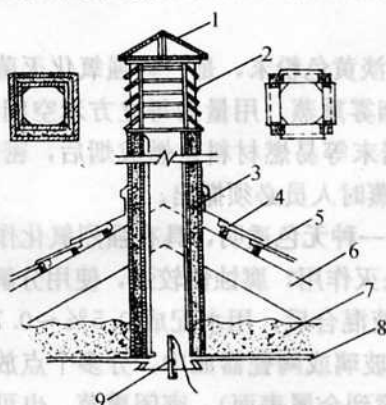


图3-7 通风贮藏库排气筒的结构

1. 防风罩; 2. 百叶窗; 3. 保温通风筒; 4. 机瓦; 5. 排瓦条;
6. 屋架; 7. 保温隔热层; 8. 顶棚; 9. 通风调节闸板

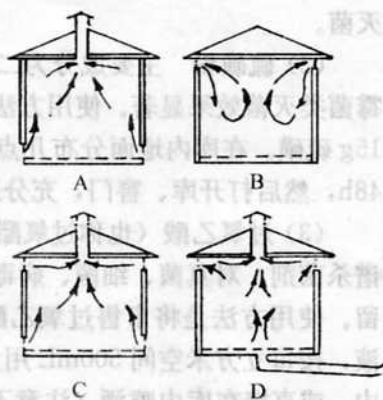


图3-8 通风贮藏库的通风结构

- A. 屋檐小窗式; B. 屋顶烟囱式;
- C. 混合式; D. 地道式

在设计通风结构时应考虑以下问题:①通风面积和通风量。设计通风面积时,应保证秋季果蔬入库后最大通风量为原则;②进气孔与排气筒之间应有一定的垂直距离。一般进气孔设在通风库的底部,排气筒设在高出屋顶1m以上;③在通风口面积一定时,应考虑尽量多设通气口,每个进排气口,合理分布在库内各部位,保证通风均匀;④进气孔和排气孔均应设置隔热层,排气筒顶部设置帽罩,防止雨水及灰尘进入;帽罩下设置铁纱窗,防止虫、鼠的进入;进排气筒可设置活门,根据外界气温及贮藏要求灵活掌握通风量。对于一般500t以下的通风贮藏库,每50t贮藏量的通风面积应不少于 0.5m^2 ,每个通风孔面积为 $25\text{cm}\times 25\text{cm}$,圆形气孔口径为 $35\sim 40\text{cm}$,间隔 $5\sim 6\text{m}$ 设置1个。必要时设置排风扇,当通风不足时,采用强制通风。

4. 通风库贮藏管理技术

1) 库房及用具消毒

每年在果蔬入库前要对库房进行全面消毒,尤其是使用过的库,必须彻底进行清扫,清除杂物,扫净垃圾和尘土。对墙体、地面、贮架、包装容器、工具器

材等进行洗刷，以确保其清洁卫生。同时，要对库的环境进行消毒杀菌处理。经常使用的消毒方法有：

(1) 漂白粉 消毒普遍应用的一种消毒剂，它是由硝石灰吸收氯气制得，为灰白色或淡黄色粉末，有味，具有强腐蚀性，稍能溶于水，在水中易分解产生氯气而具灭菌作用。市售产品多为含有效氯 25%~30% 的漂白粉和浓缩的漂白精(液)。使用方法：一是配成浓度为 0.5%~1.0% 的水溶液，喷洒库房或洗刷墙体、地面、器具；二是可将漂白粉直接撒放在库、窖地面，使其自然挥发，熏蒸灭菌。

(2) 硫磺粉 主要成分为二氧化硫，淡黄色粉末，是一种强氧化灭菌剂，对霉菌类灭菌效果显著。使用方法是燃烧烟雾熏蒸。用量为每立方米空间用 10~15g 硫磺。在库内地面分布几点，混拌锯末等易燃材料点燃成烟后，密闭 24~48h，然后打开库、窖门，充分通风。熏蒸时人员必须撤出。

(3) 过氧乙酸(也称过氧醋酸) 是一种无色透明，具有强烈氧化作用的广谱杀菌剂，对真菌、细菌、病毒等均有杀灭作用；腐蚀性较强，使用分解后无残留。使用方法是将市售过氧乙酸甲、乙液混合后，用水配成 0.5%~0.7% 的溶液，按每立方米空间 500mL 用量，倒在玻璃或陶瓷器皿中，分多个点放置在库内，或直接在库内喷洒(注意不能直接喷到金属表面)，密闭熏蒸。也可用市售 20% 的过氧乙酸，按每立方米空气 5~10mL 的量，配成 1% 的水溶液来喷雾。密闭熏蒸 12~24h 后，再通风换气。使用时注意不要喷到人体上。要做好人体防护。

(4) 福尔马林 市售的产品一般是含甲醛 36% 的弱酸性水溶液，也可使用前现配。福尔马林对真菌杀灭力很强。使用方法是将福尔马林按每立方米空间 15mL 的量，加入适量的高锰酸钾或生石灰，稍加些水，待发生气体时，密闭库门熏蒸 6~12h，然后开库通风换气。

(5) 二氧化氯 该剂无色、无臭、透明液体，具强氧化作用，对细菌、真菌、霉菌均有很强杀灭和抑制作用。市售溶液为 2% 浓度。使用时按每立方米库内空间用 1mL 原液，加 0.1mL (1:10 比例) 柠檬酸晶体，经 10~30min 溶解活化后，进行库间喷雾，密闭熏蒸 6~12h，可开库通风。

(6) 乳酸 该剂无臭、无色或黄色浆状液体，对细菌、真菌、病害均有杀灭和抑制作用。使用时将浓度 80%~90% 的乳酸原液和水等量混合，按每立方米库内空间用 1mL 混合液的量，置于瓷盆内，用电炉加热，使之蒸发，关闭电炉，密闭熏蒸 6~12h，再开库通风。

(7) 其他消毒剂 除上述药剂方法外，还可用 1% 新洁尔灭、2% 双氧水、2% 热碱水、0.25% 次氯酸钠等药剂进行喷洒熏蒸，或洗刷墙面、地面和贮架。

2) 温度控制

通风贮藏库的控温主要是通过开启通风设施实现的，因此随外界气候的变化

及时调整开启时间和次数。在入库初期，由于库内果蔬存在大量田间热和呼吸热，一般都要求尽量增大通风量，充分利用夜间低温进行通风换气，迅速降低库内温度。所以这时应将全部通风口和门、窗打开，使库门作为进气口，库顶通风口都作为排气口。随着气温逐渐下降，逐渐缩小通风口的开放面积；到最冷的季节，关闭全部进气口，使排气口兼作进气作用，利用白天气温较高时通风，夜间关闭，或缩短放风时间，要做好保温防冻工作。贮藏后期，外界气温回升，要做到及时检查剔除腐烂衰老的果蔬，同时做好夜间通风降温。可见，通风库的放风要服从于温度的要求。

通风库贮量大，为避免产品入库过于集中，势必要把产品提前入库，为使这时尽可能获得较低的温度，在产品入库之前要对空库进行放风管理，充分利用夜间冷空气预先使库体温度降低。产品入库时，不要一次进得太多，并适当散开以利通风散热，必要时可辅以人工鼓风，加大通风量。在排气口装抽风机将库内空气抽排出库，比在进气口装吹风机向库内吹风要好，后者迎风处的风速很大，外温低于 0°C 时易使该处产品受冻。

3) 湿度管理

通风库内湿度一般维持在相对湿度 $80\% \sim 90\%$ 。原则上说，通风量越大，库内湿度越低。所以贮藏初期往往造成库内湿度不足，可采用地面喷水、悬挂湿草帘、洒湿锯末等形式增加湿度；严寒季节有时库内湿度又过高，易引起某些霉菌的活动，需降低湿度，除适当加大放风量外，可采用在库内放置消石灰等吸湿剂，降低湿度。

4) 常规检查

在通风库贮藏期间，除做好温湿度的管理外，还应做好其他常规检查工作，如硬度、可溶性固形物含量、呼吸强度等，以判断贮藏果蔬品质，发现问题及时处理。

3.3 机械冷藏

机械冷藏是在一个适当设计的绝缘建筑中借助制冷系统的作用，降低贮藏库内温度，并始终保持库内恒定的低温的一种贮藏方法。从果蔬质量控制性能上看，机械冷藏不受外界环境条件的影响，可以终年维持冷藏库内保持果蔬品质所需要的低温；冷藏库内的温度、相对湿度以及空气的流通等都可以调节，形成适合控制果蔬产品质量的综合环境因素。所以，作为果蔬质量控制的设施，机械冷藏对果蔬质量的保持能力明显优越于前面所提的方法，也是目前生产上应用较多的一种贮藏措施。

1. 机械冷藏的原理

1) 制冷原理

采后果蔬在贮藏中会产生呼吸热，贮藏设施受外界影响而产生漏热，以及照明、电扇、工作人员活动产生的热量，都需要不断地排除才能维持库内适宜的低温。在机械制冷系统中，热的传递任务是靠制冷剂来完成的。制冷剂是指在膨胀蒸发时吸收热量产生制冷效应的物质，如氨和氟里昂 12 等。制冷剂由液态蒸发为气态时吸收周围环境的热量，如氨在 -33°C 时气化，每千克可吸收 $1\ 365.06\text{kJ}$ 的热量，氟里昂 12 在 -30°C 时气化，每千克可吸收 167.16kJ 的热量，制冷剂气化后再经压缩、冷却回到液态。如此反复循环，不断地吸收库内热量，降低库内温度，达到制冷目的。

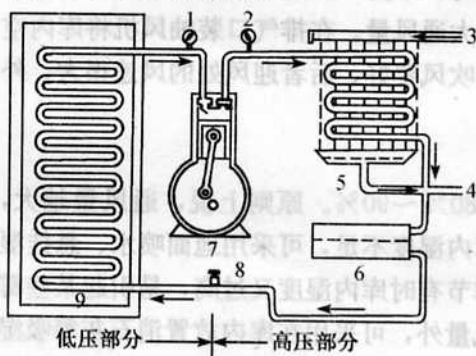


图 3-9 制冷循环原理图（直接蒸发系统）

1. 回路压力；2. 开始压力；3. 冷凝水入口；
4. 冷凝水；5. 冷凝器；6. 贮液（制冷剂）器；
7. 压缩机；8. 调解阀（膨胀阀）；9. 蒸发（制冷）器

制冷剂的制冷循环是在压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器中完成的，这 4 个设备是制冷系统 4 大件（图 3-9）。每个设备之间用管道连接，制冷剂在管道内循环流动，不断完成气态—液态—气态的转化，形成一个封闭的制冷循环系统，其中蒸发器设在库内，制冷剂在蒸发器内完成气化，吸收周围环境热量，降低库温，然后气化后的制冷剂再被抽回压缩机，压缩成为高压状态而进入冷凝器，冷凝为高压液体；再经膨胀阀膨胀为低压液体，最后再次由蒸发器蒸发为气态，完成制冷循环。

在制冷循环中，压缩机是技术关键，制冷剂是活跃分子。制冷剂在气态与液态之间转换，利用压缩机所作的机械功为条件，从库内不断地吸收热量，到库外经冷凝器作用将吸收的热量释放到环境中，从而不断地将库内的热量排除，维持库内较低的温度。

2) 冷却方式

通常蒸发器在冷库中的安装有两种形式。

(1) 直接膨胀冷却 此法将蒸发管直接安装在冷库中。

① 自然对流式 是指将蒸发器装置在近天棚处。利用冷空气自然下沉、热空气上升而发生自然对流，从而完成库房及产品的冷却。这种冷却方式降温速度较慢，也容易形成“死角”，目前生产上采用较少。

② 强制式 是利用鼓风机完成库房冷却的。将蒸发管安装在一个柜中，上

部装有鼓风机，将冷空气迅速均匀地吹到库房内的各个角落（图 3-10）。冷藏库中的空气由该柜的下部吸进，经过中部冷凝系统蒸发管，进行热交换而降温，再由上面的鼓风机吹送到冷库中去。冷却速度快，且冷却均匀，但由于空气流动速度大，增加了果蔬中水分的蒸发，容易使贮藏产品出现过度失水而萎蔫，因此在库房内应加设调湿装置以弥补湿度的不足。

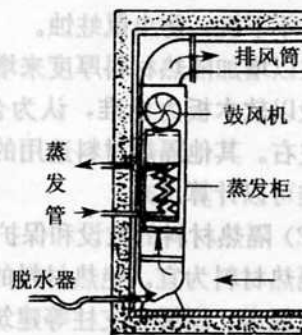


图 3-10 蒸发柜

(2) 间接冷却 将制冷剂蒸发管安置在盐液柜中，再将冷却的盐液川流于冷藏库内的蛇形盘管中，进行热交换使库内空气降温，盐液再被压回盐液柜中重新冷却不断构成连续的制冷系统。一般用 20% 的 NaCl 或 CaCl₂ 溶液，前者可降至 -16.5℃，后者可降至 -23℃。两者对金属均有腐蚀作用，盐水的存在要剂必须在较低的温度下蒸发，从而加重压缩机的负荷，增添了盐水泵的耗。但此系统可避免有毒及有臭味的致冷剂在库内泄漏而损害果蔬和入库

2. 冷藏库的设计

冷藏库的建设要注意到库址的选择、保温结构的设计、制冷机热负荷选择、库房及附属建筑的布局等问题，在设计时应有比较全面的考虑。

冷藏库	库体部分	维护结构: 砖混结构, 夹芯板结构, 其他结构
		保温结构: 隔热材料
	机械部分	制冷系统: 氟机制冷, 氨机制冷

1) 位置的选择

库房位置的选择要注意交通的方便，有利于果蔬输送；也要考虑到与产区的联系，减少果蔬在常温下不必要的拖延。库房以建在地下水水位低、干燥、没有阳光照射和热风频繁的阴凉地方为佳，周围应有良好的排水条件

2) 库的保温结构

冷藏库以冷藏室为主体，另外还配有各种附属用房。整个冷库要求坚、隔热性能好。保温结构是冷藏库土建工程的核心与技术关键，其性能关系到冷库的降温速度、耗电量、库温稳定性、库的保温隔热水平、制冷设备和库体的使用寿命等。

(1) 隔热材料 冷库建造的一个重要问题是设法减少热源流入库内，有必要提供一种热屏障，即隔热材料的安装。隔热材料种类很多，在选择时除了考虑其隔热性能外，最好还具有下列特性：造价低廉易得；质量轻、湿；抗腐蚀力强，不霉烂；耐火耐冻；便于使用；无异味，没有毒性；保

不变，不下沉；防虫鼠蛀蚀。

在以增加隔热材料厚度来增强隔热能力的同时，要考虑成本费用，合理的厚度一般以软木板为标准，认为合适的墙壁隔热厚度在 10cm 左右，地板厚度在 5cm 左右。其他隔热材料选用的厚度，根据他们的导热系数（表 3-1），以软木板为标准可以计算出来。

(2) 隔热材料的敷设和保护 冷藏库是一种永久性建筑，采用软木板一类的定形隔热材料为宜。绝热材料的敷设应当使绝热层成为一个完全连续的整体，决不要让隔扇、屋梁和支柱等建筑物参与到绝热层中，断裂其阻热层的完整性，形成传热渠道。绝热板的敷设要分层进行，第一层应用黏胶剂加上必要的钉子，牢固地将绝热板紧密连续地敷设在建筑物的墙壁、天花板和地面上，尽可能减少两块板之间的间隙。第二层绝热材料紧紧黏合在第一层绝热板上，板块接头位置与第一层的接头位置应交互错开，减少漏热渠道。

隔热材料中积累水气会降低其隔热效应，而且引起损坏，因此还需设防潮保护层保护隔热材料。具体做法是，在隔热材料的两面与建筑材料之间要加一层阻隔，封闭水气进入隔热层。用于防潮的材料有塑料薄膜、金属箔片，沥青胶剂抹灰，树脂黏胶绝缘材料于夹板之间。不管用哪种防水气的材料，敷用时要注意完全封闭，不能留有微小缝隙漏泄。如果只在绝热材料的一面敷设防水气层，就应敷设在绝热层经常温度比较高的一面的外表上，这是很重要的。

(3) 冷藏库的地面 果蔬冷藏库的温度一般维持在 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，而地温常在 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ ，那么就会有一定的热量由地面不断传入库内，增加冷凝系统的热负荷。所以，地面通常要采用相当于 5cm 厚软木的绝热层。

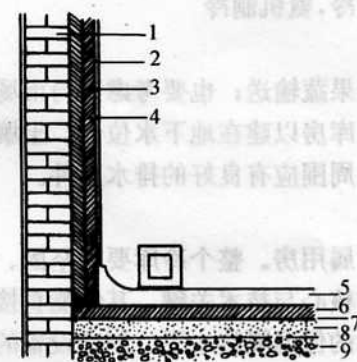


图 3-11 冷藏库墙壁和地面结构

1. 砖墙；2,4,7. 水汽封锁层(沥青类物质)；
3、6. 隔热材料层；5. 钢筋混凝土耐磨
封口地面；8. 水泥地；9. 煤渣石子基层

此外，地面要有一定的强度以承受堆积的产品和搬运车辆的行动。如采用软木板作隔热材料时，其上下需敷上 7~8cm 厚度的水泥地面和地基。地基下层铺放煤渣石子以利排水（图 3-11）。

3) 冷凝机的热负荷

要维持冷藏库的低温条件，有赖于冷凝系统的热负荷量。在设计、选择和安装冷凝系统时，需有下面几方面的资料为依据。

(1) 漏热 Q_1 指通过库房四壁和库顶、库底的传热作用，由库外漏进的热量。

$$Q_1 = \text{耗冷面积} \times \text{导热系数} \times \text{温差}$$

(2) 果蔬含热 Q_2 指果蔬田间热 Q_{21} 和

果蔬呼吸热 Q_{22} 。

$$Q_{21} = \text{果蔬的质量(kg)} \times \text{果蔬比热容} \times \text{果蔬下降的温度(}^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{果蔬产品比热容} = (0.2 + 0.8 \times \text{含水量}) \times 0.00418(\text{kJ})$$

$$Q_{22} = \text{呼吸强度} \times 0.0109(\text{kJ/mg})\text{CO}_2 \times \text{果蔬质量(kg)}$$

(3) 其他热负荷

① 通风换气耗冷量 Q_3 计算因和外界通风换气而导入的热量，首先应该测定引入空气的温度、湿度，查表 3-2 得出每立方米空气含热量，然后根据库容积和每天通风次数计算出总的通风换气热。

表 3-2 引入库外空气的热量

单位: kJ/mL

库内温度 /°C	库外空气温度/°C			
	0	5	25	32
	相对湿度/%			
	90	80	70	68
5	—	—	53.92	84.02
0	—	9.20	66.46	97.3
-5	10.03	19.65	78.17	109.52
-10	19.65	29.68	89.45	121.22
-15	28.84	38.87	100.32	132.92
-20	38.46	47.65	108.68	143.37

② 经营管理耗冷量 Q_4 主要包括照明和工作人员所消耗的冷量。

照明 360kJ

机械 2 650kJ

工作人员：根据库温不同，其放热量大致如下（表 3-3）。

表 3-3 不同温度下工作人员放热表

库温/°C	10	4	0	-18	-23
每位工作人员放热/kJ	775	900	1 005	1 382	1 486

上述几方面总和即为冷库总热负荷，在选用制冷机组时，要以所计算的总热负荷为依据，其制冷能力应与总热负荷相匹配。

3. 冷藏库的管理技术特点

温度对果蔬质量控制的影响是很明显的，所以，冷藏是果蔬贮藏的基本条件，再配合其他因素的控制，效果会更进一步提高。由于果蔬的含水量很高，如将田间的热产品直接入库，库中相对湿度即使是 100%，也会因产品较高的蒸汽压而使产品失水；同时，贮藏中空气流通也会促进产品失水而影响产品的风味和外观。因此，新鲜果蔬在冷藏库中的管理要注意以下技术问题。

1) 消毒

库房及工、用具消毒，方法同通风贮藏库消毒方法。

2) 产品的预冷

果蔬在进入冷藏库前的预冷，是一项非常重要的技术措施。果蔬产品预冷的主要目的是除去田间热，降低呼吸强度，使品温接近贮藏温度，减少生理病害的发生，同时也减轻了冷库制冷系统的负荷，还可保持库内相对较稳定的贮藏温度。预冷的方法主要有下面一些。

(1) 自然冷却 在没有冷藏或预冷设备情况下，可采用自然冷却法。将采后果蔬用通透包装运至阴凉通风处，利用夜间低温、冷风来除去产品的田间热。自然冷却需时较长，且不易达到适贮温度。

(2) 冷库预冷 将采后果蔬迅速包装后运到冷库，堆码时彼此间多留空隙，利用冷库风机强制空气循环流经产品周围，带走热量，使之冷却。该法冷却速度较慢，一般需 1~3d 才能冷却到预定温度（与冷藏温度差 1~2℃）。包装容器须有孔，适用于较长时间贮藏的果蔬预冷。

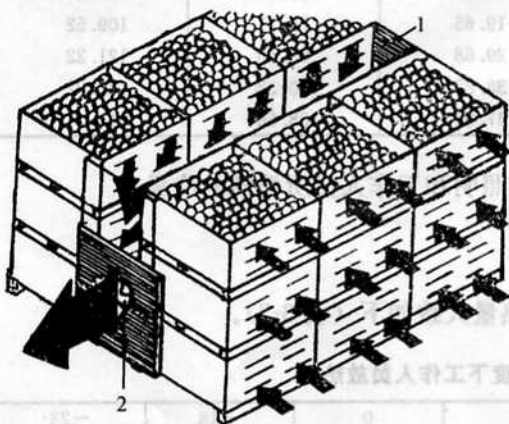


图 3-12 差压冷却中的空气流动示意图

1. 塑料挡板；2. 风机

(3) 强制冷风预冷 又称差压预冷。在专用预冷库内设冷却墙，墙上开冷风孔，将装果蔬的容器堆码在冷风孔两侧或面对冷风孔。堵塞除容器通风孔以外的一切气路，用冷风机推动冷却墙内的冷空气，在容器两侧造成压差，强制冷空气经容器通风孔流经果蔬，迅速带走其热量（图 3-12）。该法较冷库预冷的效率和所需制冷量高 4~6 倍。其包装容器，必须有大于边板 4% 的通风孔，且不做内包装，不加垫衬。该法需提高环境湿度。必要时进行

喷雾加湿，以减少预冷期间果蔬失水。成本较低，适合各种果蔬预冷。

(4) 水预冷 将木、塑箱装果蔬，浸泡在流动的冷水中，或用冷水喷淋。通常 20~50min 时间可预冷到预定温度。但需经冷风吹干产品，冷却水必须进行消毒处理。

(5) 冰预冷 用天然冰或人造冰作冷媒，将碎冰装填在产品包装容器内，直接接触产品，装冰量约占产品质量的 1/3。适用于胡萝卜、甜玉米、花椰菜、芹菜等。

(6) 真空预冷 将包装产品放在真空预冷机的气密真空罐内降压，使产品表

层水分在低压真空状态下汽化，由于水在汽化蒸发时吸热而使产品冷却。冷设备投资大，成本高。

3) 入库堆码

预冷好的果蔬应及时入库贮藏，每日入库应根据库容量及制冷能力。产品每天入库量占库容量的20%，对热带及亚热带果蔬或入库时未经预冷，应控制在日入库量10%左右，入库量过多，降温过慢，会影响贮藏寿命。入库堆码时，应以充分利用库内空间和保证产品间冷空气流通为原则。是：

(1) 堆码与库墙之间应留有一定间隙。强制通风冷却的库房和墙距为50~60cm左右；自然对流式的库房和墙距为50~60cm，保证冷空气的对流。

(2) 堆垛与天棚间距离应不少于25cm，在蒸发器或冷风吹出口处，堆内不堆码果蔬。

(3) 堆垛与地面之间应有垫木衬垫，留有8~10cm的空隙。

(4) 堆垛相邻的包装箱之间应留有1cm的间隙，便于箱间空气流通。

(5) 果蔬堆码的方法有“品”字形或“一压四”法，保证箱与箱之间的空隙，又保证堆垛的稳定性。

4) 温度控制

温度是控制果蔬质量的重要环境因素。果蔬入库后，应根据不同果蔬尽快降到贮藏适温。在温度管理中要注意维持适宜、稳定的低温。贮藏温度降低到引起冷害的程度，根据产品特性控制在适温状态。库内的温度要大幅度大和持久性的变化，温度的大幅度波动会加速产品的败坏。还要注意库内的温度要分布均匀，不要有过热或过冷的死角，使局部产品受害。为了解库内温度的变化情况，通常在库内不同的位置安放准确的温度表或遥测温表，并做观察记载。

冷藏库的温度是靠制冷剂在蒸发系统中的流量和汽化速率来控制的。膨胀阀上装有一个恒温器，它的感温管则安置在蒸发器上，根据其温度变化操纵膨胀阀以调节制冷剂的流量。在运行期间冷库内的湿空气与蒸发管水分极易达到露点而结霜（温度低于零度），形成隔热层，阻碍热交换，影响冷却效应。

5) 湿度控制

湿度也是果蔬保鲜的一个重要环境因素。为了保持果蔬新鲜的膨压，贮藏库中要保持较高的相对湿度，一般为80%~90%或以上。在冷库中控制湿度是比较困难，因为在低温物体的表面上经常将空气中的水蒸气凝结成霜，降低了相对湿度。另一方面，湿度过高，有利于微生物的生长，影响安全贮藏。贮藏库中应安装测量相对湿度的仪表，放置仪表的周围应保持空气流通方

确的数据。库内控制湿度的方式有多种设计和装置，最简单的方法是地面洒水、撒湿锯末、覆盖湿蒲包等增加湿度，或撒吸湿剂降低湿度。

6) 冷藏库的通风

果蔬在冷库内仍进行呼吸作用，不断地消耗氧气，放出热量、二氧化碳和微量乙烯。释放出的呼吸热须靠强制流通的冷空气不断地携带走，保持其一直处于低温环境中。通风的方法是设置冷风柜（蒸发冷却器）和风道（图 3-10），一般把通风道装置在冷藏库的中部产品堆叠的上方，向两面墙壁方向吹出，转向下方通过产品行列，由下部进入冷风柜，上升通过冷凝蒸发管将空气冷却，再由风道吹出，通过不断流动的冷空气去平衡库内各部位的温度趋于一致，减少温差，保持贮藏质量基本一致。另外，流动的冷空气，可使果蔬周围的病原菌不会滞留，而被不断地带走，以减轻病腐，防止滋生繁殖，败坏果蔬。此外，过多的二氧化碳和乙烯的积累会不利于果蔬代谢活动和人的作业活动，甚至会对产品产生毒害，造成某些生理病害。因此冷藏库还应定期通风换气排除内部陈旧空气，吸入外部新鲜空气。换气时间一般在温度较低的凌晨进行，以免因库内外温湿度差异较大，而导致库内温湿度波动大，对果蔬贮藏保鲜不利。

7) 其他常规管理

(1) 果蔬入库后，应定期抽样检查，化验糖分、硬度等指标，并做好详细记录，发现问题及时处理。

(2) 在贮藏期间，应定期测定果蔬呼吸强度，发现呼吸强度突然升高时应及时处理。

(3) 按每种果蔬的特性及预定贮藏期分别堆码，按先入先出的原则管理。

8) 出库

果蔬达到出库时间后应及时出库，出库前应先进进行升温，升温应缓慢进行，掌握每 2~3h 1℃ 的速度，防止因升温过快而出现结露现象，待库温升至与外界气温相差 2~3℃ 时即可出库，出库后的库房应及时清理，以备下次使用。

3.4 气调贮藏

调节气体贮藏，简称气调贮藏（CA 贮藏）。气调贮藏是调节控制果蔬产品贮藏环境中气体成分的冷藏方法。它是冷藏，减少环境中氧，增加二氧化碳的综合质量控制方式，除控制贮藏环境的温度、湿度外，还同时控制气体条件，形成有利于保持果蔬品质的综合环境，是当代贮藏设施的高级形式。

现在有两种气调方式。CA 贮藏是指空气中的 O_2 和 CO_2 都有较严格规定的指标，允许变动的范围较小，根据各种产品的特性而定。另一种方式称自发气调贮藏或限气贮藏，简称 MA 贮藏，即薄膜包装贮藏，是靠果蔬的呼吸作用来降低

O₂的含量和增加CO₂浓度，O₂和CO₂浓度变动大，多用于短期贮藏、运输、及销售时的临时性贮藏。

1. 气调贮藏的条件

1) O₂、CO₂和温度的配合

气调贮藏是把低温、低氧和高二氧化碳结合起来，按不同果蔬的最佳贮藏效果要求，优化组合成新的综合环境的贮藏方法。三者具有适当的配合才能达到果蔬质量控制的最优化效果。

(1) 温度要求 采取气调措施，即使温度较高，也能收到较好的贮藏效果。如绿色番茄在20~28℃进行气调贮藏的效果，与在10~13℃下普通空气中贮藏相仿。所以，对低温敏感的热带亚热带果蔬采用气调方法，更有利于保持质量延长贮期。但不能就此认为进行气调贮藏就可以不必注意温度管理了。实际上只有适宜的气体组成与适宜的温度相配合，才能充分发挥气调贮藏的效果。只是对于同一种果蔬，气调贮藏的适温可能与在普通空气中贮藏的适温有所不同。气调贮藏时常需把温度稍提高一些。这是因为有些植物组织在0℃附近的低温下对CO₂很敏感，容易发生CO₂伤害；在稍高的温度下，这种伤害就可以避免。

(2) O₂、CO₂和温度的综合影响 气调贮藏要同时配合好O₂、CO₂和温度条件，不仅因为它们个别密切影响着果蔬的生理生化过程，而且它们彼此间存在着互相联系互相制约的关系。一个条件的有利影响可因结合另外的有利条件而进一步加强；反之亦然，如低O₂可延缓叶绿素的分解，配合适量的CO₂保绿效果更好。另一方面，不利条件会削弱有利条件，如，温度升高会加速叶绿素的分解；一个不适条件的不利影响可因改变另一条件而使之减轻或消除，如适当提高O₂含量或升高温度，可以缓解CO₂伤害。

所以必须重视O₂、CO₂和温度三者的综合影响，使它们有一个最佳配合(表3-4)。

2) 气体组成和配比

气调贮藏时要注意O₂和CO₂的浓度及比例，O₂浓度过低或CO₂浓度过高，会导致果蔬的呼吸失调，引起生理病害的发生。因此，根据不同果蔬生物学特性，选择合理的O₂和CO₂浓度配合比例，是气调贮藏的关键，目前在生产上应用的有三种方式。

(1) 双指标，总和约21% 该法把气体组成定为两者之和等于21%，如O₂10%，CO₂11%或O₂6%，CO₂15%，管理上很方便。但O₂较高或较低均不利贮藏，一般将O₂和CO₂控制于相近的指标(两者各约10%)，简称高O₂高CO₂指标。

(2) 双指标，总和低于21% 该法O₂和CO₂含量都比较低，两者之和不到

表 3-4 一些果蔬的气调贮藏条件

果蔬	温度/℃	相对湿度/%	CO ₂ /%	O ₂ /%	可能贮藏时间/d
苹果(红玉)	0	90~95	3	3	180~210
梨(20世纪)	0	85~95	3~4	4.5	180~210
温州蜜橘	3		0~2	10	
伏令夏橙	5	90	0~1	5	>60
桃	-1~0	90~95	2~3	2	42
杏(摩帕克)	1	90~97	2.5	5	30~45
葡萄	0	85~90	0~0.5	7	180
草莓	0	95	0	2	20
香蕉	13~14	95	5~8	4~5	21~28
番茄	12~13	95	0	3	14~21
甜椒	8~9	90~95	2~3	2	21
黄瓜	7~10	95	5	2	15~20
四季豆	7~8	90~95	3~5	2	14
花椰菜	0	90~95	0~3	2~3	40~60
莴苣	1.7	90~95	2.5	2.5	>45
芦笋	1~2	95以上	3	4	21

21%，这是当前国内外广泛应用的配合方式。比较地说，大多数果蔬都以低 O₂ 低 CO₂ 指标较适宜。但这种配合操作管理比较麻烦，所需设备也较复杂。

(3) O₂ 单指标 只控制 O₂ 的含量，CO₂ 用吸收剂全部吸收掉。O₂ 单指标必然是一个低指标，不能超过 7%，才能有效抑制呼吸强度。其效果不如上述第二种方式，但优于第一种。操作上也比较简便。

2. 气调贮藏的封闭系统

封闭是杜绝外界空气对贮藏环境气体组成的干扰。封闭系统是贮藏设施进行气体成分调节的前提。目前国内外气调贮藏的封闭系统可分为两类，一类是气调冷藏库，一类是塑料薄膜袋(帐)，后者是前者的轻型化，也用于运输。

1) 气调冷藏库

气调冷藏库的结构除要求具备冷藏库所具有的制冷能力、隔热能力外，还应具备良好的气密性(图 3-13)，保证库内气体环境的相对稳定。

为提高库房的气密性，可在四壁内侧和天地板加衬金属薄板或不透气的塑料板，或喷涂塑料层(硬质聚酯)，杜绝一切漏缝；库门、观察窗和各种通过墙壁的管道也都要有气密构造，共同构成气调冷藏库的气密封闭系统。整个库房应能承受一定的压力(正压或负压)。

一个气调贮藏库只能保持一种气体组成和温、湿度，且不宜经常启闭。所以通常整座气调库是分隔成若干可以单独调节管理的贮藏室。每个室贮藏容积不很大，只贮藏一种产品，并且最好是整批出入库。

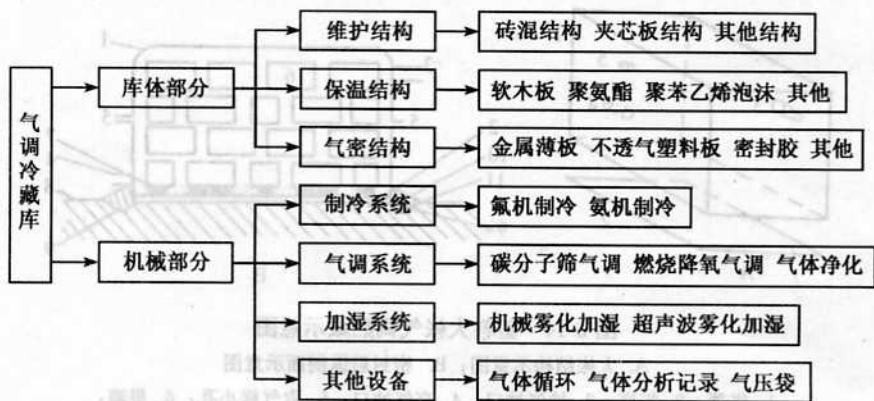


图 3-13 气调冷藏库结构示意图

2) 塑料薄膜封闭系统

利用塑料薄膜的低透气性，构成果蔬气调贮藏中的封闭系统。基本上有两种形式。一为大帐封闭，另一为薄膜袋封闭。

(1) 塑料大帐封闭 即垛封。是在产品上下四周用薄膜包围封闭，可在窖、通风贮藏库内进行，成为简易气调。利用塑料大帐封闭系统贮藏果蔬，贮藏规模大，管理方便，成本低，贮藏效果好，是近几年各贮藏保鲜单位广泛采用的一种贮藏方法。

① 大帐制备 用作气调贮藏的大帐，一般选用厚度为 0.12~0.20mm 厚的聚乙烯薄膜，这种薄膜机械强度好，耐低温，透明，热封性能好。大帐分帐身和帐底两部分，大小以能贮藏果蔬 2 000~3 000kg 为宜。帐身的下部设有抽气袖口，上部设充气袖口，中间设取气样孔，平时密封，帐底比帐身稍大 20~30cm，以便卷封严密（图 3-14）。

② 帐内堆码 先在库底铺设帐底，帐底上垫枕木，在枕木上按气调库要求堆码果蔬，堆码原则是既要保证冷空气及气体循环，又要保证堆垛的稳定性。

③ 扣帐 堆码后将大帐扣好，将帐身与帐底充分卷合，用砖及砂土压实，保证帐内外气体不相互影响。

④ 调气 按不同果蔬对气体组分的要求，调节气体成分。

⑤ 在大帐封闭系统中应注意的几点：a. 要经常检查大帐的严密性，如有漏气的地方，应及时粘补；b. 帐内过量的乙烯要及时排除，目前多采用在帐底放置用高锰酸钾浸泡的砖块吸收乙烯；c. 帐内要注意通风换气，并维持合适的温、湿度。

(2) 薄膜袋封闭 即袋封法。在薄膜包装袋形成的封闭系统中，同时进行着产品呼吸和薄膜渗气两个主导作用。由于果蔬自身的呼吸作用消耗氧气，生成二氧化碳，自发调节袋内气体成分的组成，从而使每种气体都在包装内外出现分压

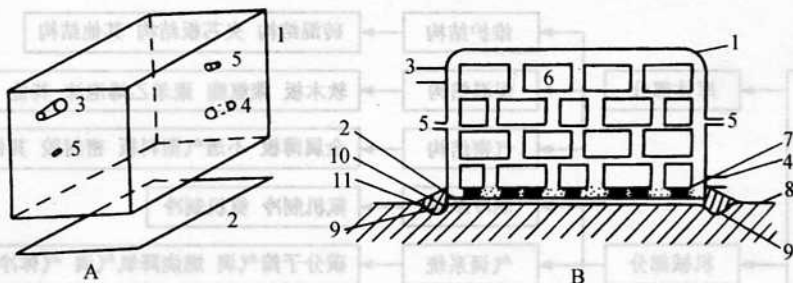


图 3-14 塑料大帐气调贮藏示意图

A. 大帐结构示意图; B. 密封后纵剖面示意图

1. 帐顶; 2. 帐底; 3. 抽气袖口; 4. 充气袖口; 5. 取气样小孔; 6. 果箱;
7. 垫砖; 8. 地面; 9. 小沟; 10. 帐壁与帐底的帐卷边; 11. 覆盖紧压物

差,因而要通过薄膜进行内外交换即所谓薄膜渗气。薄膜包装后的产品,经一段时间的贮藏,封闭系统内部会建立一种稳定状态, O_2 和 CO_2 达到平衡,即产品的呼吸率等于薄膜的渗气率。

① 塑料薄膜袋 塑料薄膜袋封闭系统属于自然气调,简称 MA 贮藏。方法简便、易行,可结合其他贮藏方式(窖藏、通风库贮藏、冷藏等)进行。具体操作是:将果蔬产品装入薄膜袋内,扎紧袋口,放在分层的架上,或放在的板箱或纸匣内,再码成垛。袋的规格不同,小袋装产品 0.25kg 至数千克小包装,薄膜厚度一般为 0.03~0.05mm,适于短贮、长途运输或零售。大量可达 15~30kg,大多用 0.06~0.08mm 厚的聚乙烯薄膜作封闭袋,适用于运输或贮藏。这种袋封法通常采用放风管理方式,当 CO_2 浓度达到一定浓度时,开袋口通入新鲜空气,然后再扎紧口袋封闭。这样定期放风,使袋内果蔬长时间处于高 CO_2 低 O_2 环境,且保持较高湿度,有较好的贮藏效果。

② 硅窗集装袋 硅窗集装袋是在塑料薄膜袋上粘嵌上一定面积的硅橡胶,利用硅橡胶膜对各种气体的透气性不同,保持袋内相对稳定气体成分的一种

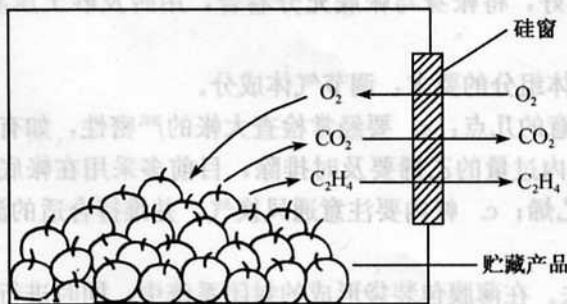


图 3-15 硅窗气调示意图

气调贮藏方法。硅橡胶是有机硅高分子聚合物,对各种气体有不同的透过率,对二氧化碳的透过速度比氧气快,因此经过一段时间后,袋内二氧化碳和氧气含量在一定范围,达到气调(图 3-15)。硅橡胶的面积不同果蔬呼吸强度、贮藏

等的不同而确定。贮温高、呼吸强度大，硅窗面积应大些，反之，硅窗面积可小些。如用厚度为0.12mm的国产压延硅胶膜作硅窗，贮藏番茄时，每吨贮量其参考面积为10~13℃时0.5~0.7m²；22~26℃时1.5~2.3m²。

利用硅窗袋贮藏果蔬时，将果蔬放入袋内，扎紧袋口，不用定期放风，始终保持袋内稳定的气体成分，管理方便，贮藏效果较好。

(3) 塑料薄膜封闭系统在冷库中的应用 塑料薄膜封闭系统应用在冷库中，可以获得控制温度、湿度与气体条件的综合效果，而成本较低，在生产中使用较广泛。在具体使用中，由于薄膜封闭系统中的产品与冷库所处的空间位置不同，加之有薄膜的阻碍，产品呼吸热逸散缓慢，使封闭（袋）内的温度总要高于环境（库）温度，薄膜内侧很易达到或超过露点而有水珠凝结，若库温波动，则薄膜内侧水珠越多，易引起病菌活动。产品内的水分则不断变成凝结水而流失，产生较明显的脱水现象。解决的方法是：①产品在封闭前要充分预冷；②力求库温恒定，尽量减少封闭系统内外的温差；③封闭系统内不要堆积太密集，要有较大的自由通风空隙（图3-14）。

3. 气调设备

1) 降氧机或氮气发生器

降氧机是气调库快速调节气体成分的必要设备，目前使用的降氧机有两种类型：一类是燃烧式降氧机，另一类是分子筛式气调机。

(1) 燃烧式降氧机 是用气态或液态碳氢化合物作燃料，以适当比例与空气混合，引入反应室燃烧消耗O₂，产物为CO₂和水，再经冷却塔冷却，输入封闭系统，经过分离设备得到一定浓度的氧气、氮气和二氧化碳，达到调节气体成分的目的（图3-16）。这种机械可使空气中的O₂降至4%以下，CO₂含量约

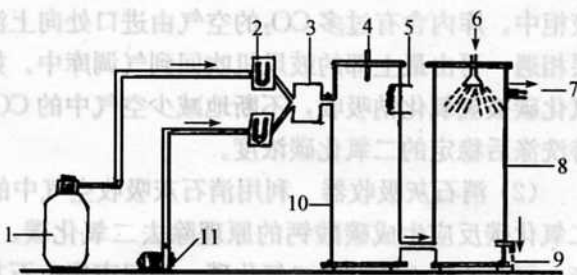


图 3-16 液化石油制氮机

（山西省燃料化学研究所，1978）

1. 液化罐；2. 计量器；3. 混合器；4. 热电偶；5. 电热丝；
6. 水；7. 氮气；8. 冷却器；9. 水；10. 燃烧炉；11. 低压风机

为10%，如不需太高浓度的CO₂，可用CO₂吸收机脱除，即所谓组合式气体发生装置。用这种装置，预先制造出CA冷藏库所需要的最适气体组成，然后连续地输入冷藏库内，即连续喷射式，这种方法与果蔬在呼吸时产生的气体成分关系不大，并能制造出理想的气体组成。在美国等国广泛应用。

(2) 碳分子筛气调机 是利用焦炭分子筛吸附剂，根据各种气体进入分子筛

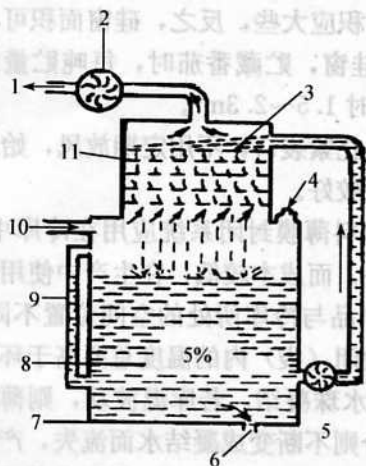


图 3-17 气体洗涤器

1. 洗涤后新鲜空气引入贮藏室；2. 电扇；
3. 喷出 NaOH 溶液；4. 加液口；5. 水泵；
6. NaOH 溶液出口；7. Na_2CO_3 沉淀；
8. NaOH 溶液；9. 深度管；10. 从贮藏室中引入的空气；11. 通气铁片

微孔的扩散速度不同，因而使混合气体的各组分分离。在此分子筛中， O_2 、 CO_2 、乙烯的扩散速度比氮气快，当空气或气调库内的气体通过分子筛时， O_2 、 CO_2 、乙烯被吸附，氮则易于通过，以此来调节库内 O_2 和 CO_2 的比例。富集了 O_2 或 CO_2 、乙烯等气体的分子筛，可通入空气进行脱附再生，重复应用。

2) 气体净化设备

经过降氧机出来的气体，除含有大量氮气外，还有二氧化碳。同时在气调贮藏过程中，也会生成二氧化碳及其他挥发性气体，这些气体在库内积累，对果蔬贮藏极为不利，因此需及时脱除。脱除的方法，除上述碳分子筛气调机外，目前国内普遍采用的有以下几种：

(1) 氢氧化钠洗涤器 利用氢氧化钠和二氧化碳的反应，吸附二氧化碳，达到净化

气体成分的目的。图 3-17 是一个常用的气体洗涤器。洗涤液由下部贮液柜中经离心泵抽送到洗涤器的上部，通过许多层的有孔眼的平板，分散逐层下流回到贮液柜中。库内含有过多 CO_2 的空气由进口处向上流动穿过孔眼板与氢氧化钠喷淋层相遇，再由最上部的鼓风机吹回到气调库中。如此循环往复，在此过程中，二氧化碳被氢氧化钠吸收，不断地减少空气中的 CO_2 成分。通过调节气流速度，保持洗涤后稳定的二氧化碳浓度。

(2) 消石灰吸收器 利用消石灰吸收空气中的水气生成氢氧化钙，然后再与二氧化碳反应生成碳酸钙的原理除去二氧化碳。理论上 1kg 生石灰制成的消石灰，可吸收约 0.4m^3 的二氧化碳，一般市售生石灰制成的消石灰，每 5kg 可吸收 1m^3 二氧化碳。

(3) 活性炭吸收器 活性炭吸收器是目前采用的较为理想的一种吸收装置，它是利用活性炭的吸附作用来除去二氧化碳及其他有害气体的。当活性炭吸收达到饱和后，可用新鲜空气吹入吸收器，使活性炭再生，重新利用。一般生产上常采用 A、B 两个吸附缸罐，两罐交替使用，提高利用效率。

3) 其他设备

气调冷藏库除上述主要设备外，还应配备以下设备。

(1) 调湿设备 气调冷藏库和普通冷藏库一样，相对湿度常会过低，为此，可以从两方面解决。一是提高冷却管的温度，缩小与库内温度的差异，以减少冷

① 充 N_2 法 封闭后抽出容器内的大部分空气，充入 N_2 ，由 N_2 稀释剩余空气中的 O_2 使其浓度达到所规定的标准。有时也充入适量 CO_2 ，使之也立即达到要求的浓度。以后的管理同上述的调气法。另一办法是封闭容器同降 O_2 机联成闭路循环降 O_2 。

② 气流法 把预先由人工按要求的指标配制好的气体输入密闭容器，以替代其中的全部空气。在以后的整个贮藏期间，始终连续不断地排出内部气体和充入人工配制的气体，控制气流速度使内部气体组成稳定在要求的指标。

在气调库贮藏期间，要经常进行气样分析，每周进行一次；一般库房封闭后，工作人员不进入库内，必要时必须配带防护装置及步话机入库，以便及时联系，防止人身危险。

3) 出库

气调库贮藏结束后，要及时出库，出库前要进行升温和通风。升温方法同冷藏；通风时应打开排风和鼓风设施，使库内通入新鲜空气，排除低氧、高二氧化碳、高氮气体，然后工作人员才能入库操作。出库后库房要及时清扫、消毒，以备下次使用。

3.5 贮藏新技术

果蔬质量控制的方法与设施在不断地改革创新之中，辐射处理用于果蔬贮藏已有较久的历史，现在还在研究之中。近年来又出现了一些新技术，如减压贮藏，电场、磁场处理等。

3.5.1 保鲜剂贮藏技术

1. 利用涂膜处理保鲜果蔬

涂膜（涂被）处理即对采后果蔬在其表面人工涂被一层薄膜，起到延缓代谢、保护组织、美化商品的作用。涂膜是一种简便、且有类似气调作用的处理。可适当堵塞果蔬表皮气孔和皮孔、孔隙，减少水分蒸发，阻碍内部气体交换，抑制呼吸强度，延缓后熟，减少养分消耗。还可增加产品光泽，改善外观质量，提高商品价值。涂膜处理还可作为防腐剂的载体，抑制病原微生物的败坏作用。还可以减轻果蔬贮运中的机械损伤。

涂膜处理通常用蜡（石蜡、蜂蜡、虫蜡）、天然树脂（虫胶）、脂类（棉籽油）、明胶等造膜物质制成的适当浓度水溶液或乳液，采用浸渍、涂抹、喷布、泡沫和雾化等方法施于果蔬表面，风干或烘干后会形成一层薄薄的透明被膜。涂膜不能太厚。涂料必须无毒、可食，易溶于水，食用前易洗掉。

(1) 蜡膜涂被剂 先将 100g 蜂蜡和 10g 蔗糖脂肪酸酯溶解在乙醇中 20g 酪蛋白钠溶解在水中，两液混合后定容到 1 000mL（量多按比例配），搅拌，乳化分散后即可使用。适于番茄、茄子、辣椒、苹果、梨等果蔬涂被。

(2) 天然树脂涂被剂 将 50g 虫胶加到 80mL 乙醇、80mL 乙二醇的液中进行浸泡，使其溶解。加 1 500mL 1.25% 氢氧化钠水溶液，加热搅拌，待虫胶皂化后即可使用。适用于苹果、梨、柑橘等果实涂被。

(3) 油脂膜涂被剂 先将琼脂浸泡在 1 000mL 温水中，待溶胀后加热，然后加入酪蛋白钠 2g，脂肪族单酸甘酯 2.5g，豆油 400g，进行高速搅拌，乳化液后即可使用。适用于瓜果类和果菜类的涂膜保鲜。

(4) 其他膜涂被剂 用少许冷水将 100g 淀粉调匀，倒入 10kg 沸水中，稀浆糊，冷却后加入 50g 碳酸氢钠，充分搅拌均匀即可使用。适用于柑橘保鲜。

2. 利用化学防腐剂保鲜果蔬

果蔬采后可用一些化学防腐剂处理，然后再进行贮藏，可以减少果蔬贮藏过程中的病腐损失。目前，用于果蔬的化学防腐剂主要有仲丁胺（如克霉灵、橘腐净等）、托布津、多菌灵、苯菌灵、塞菌灵、异菌脲、咪鲜胺、山苯甲酸、过氧乙酸、涕必灵、伊迈唑、邻苯酚钠、碳酸氢钠、扑海因等，化学防腐剂有的属于表面杀菌剂，有的属于内吸杀菌剂，有的属熏蒸杀菌剂。

(1) 仲丁胺（又称 2-AB、氨基丁胺）是一种熏蒸剂，挥发性强，对真菌，尤其是青霉菌有较强的杀菌力。用仲丁胺熏蒸处理青椒、黄瓜、菜花等，有较好的效果。使用时用瓷盘盛装仲丁胺原液，用电炉加热后，放在密闭的环境中，使其蒸发。

(2) 托布津 是一种广谱性内吸杀菌剂，对瓜类白粉病、马铃薯环腐病、茄灰霉病和晚疫病、辣椒灰霉病等都有预防或防治作用。使用时先将 50% 湿性粉剂加水稀释至 500~1 000 倍液，用该药液浸、喷菜体均可。

(3) 多菌灵 是一种广谱性内吸杀菌剂。对各种真菌有良好的抑制作用，对细菌无效。对多种蔬菜病害有防护和治疗作用。使用时将 25%、50% 性粉剂加水稀释至 1 000 倍液，浸、喷菜体。

这些化学防腐剂在果蔬贮藏中的作用是辅助性措施，其长时间贮藏主要依靠温度、湿度、气体等环境控制才行。

3. 利用乙烯脱除剂保鲜果蔬

一些呼吸跃变型果蔬，如苹果、香蕉、番茄等，采后贮藏中，对乙烯敏感，容易受低浓度乙烯（1 000mg/kg）刺激，诱发果蔬迅速后熟。为

蔬的后熟衰老, 延长贮期, 可在采收后 1~5d 内施用乙烯脱除剂, 抑制其呼吸作用。

(1) 物理吸附型乙烯脱除剂 将活性炭装入透气性的布、纸等小袋中, 连同待贮的果蔬一起装入塑料袋或其他容器中贮藏。果蔬贮量较大时, 将活性炭分散地放置于果蔬中层或上层。使用量一般为果蔬质量的 0.3%~3.0%。如活性炭受潮, 吸附性能会降低, 应予更换。

(2) 氧化吸附型乙烯脱除剂 一般不单独使用, 而是将其被覆于表面积大的多孔性吸附体的表面, 构成氧化吸附型乙烯脱除剂。将高锰酸钾 5g、磷酸 5g、磷酸二氢钠 5g、沸石 65g、膨润土 20g, 或按比例配、放在一起混合, 加少量水, 搅拌均匀, 充分浸润, 经干燥后粉碎, 制成粒径 2~3mm 的小颗粒或柱状体乙烯脱除剂。使用时将其装入透气性的纸袋内, 与待贮藏的果蔬一起装入贮藏箱、袋等容器中, 密封包装, 置于贮藏库中。适用于甜瓜、水蜜桃、苹果等果蔬的脱乙烯保鲜。使用量按果蔬质量的 0.6%~2.0% 计算。

(3) 触媒型乙烯脱除剂 是用特定的有选择性的金属、金属氧化物或无机酸催化乙烯的氧化分解。适用于脱除低浓度的内源乙烯。制作时将次氯酸钡 100g、三氧化二铬 100g 和沸石 200g 混合在一起 (也可按比例混合), 加少量水搅拌均匀, 制成粒径 3mm 的颗粒或柱状体, 阴干或人工干燥, 冷却后即成。该脱除剂适用于各种果蔬, 使用量按果蔬质量的 0.2%~1.5% 计算。

4. 利用气体调节剂保鲜果蔬

气体调节剂主要是调节影响果蔬贮藏保鲜效果的 O_2 和 CO_2 气体浓度, 或脱除, 或发生。

(1) 脱 O_2 剂 将铁粉 60g、硫酸亚铁 10g、氯化钠 7g、大豆粉 23g (量大可按比例配) 混合均匀, 装入透气性的纸袋内, 加入待贮藏的果蔬密封包装容器中。一般 1g 脱 O_2 剂可脱除 1 000mL 密闭空间的 O_2 。

使用该脱 O_2 剂需采用聚乙烯透湿薄膜袋、聚氯乙烯透湿薄膜袋、聚丙烯薄膜袋、KOP (聚乙烯、偏二氯乙烯、聚丙烯复合) 薄膜袋。

(2) 脱 CO_2 剂 将 500g 氢氧化钠溶解在 500mL 水中, 配制成饱和溶液, 然后将草炭投入到氢氧化钠溶液中, 搅动令其吸附, 过滤后控干即可使用。使用时将其装入透气性容器中, 再装入运输或贮藏果蔬的包装容器中, 即可达到脱除 CO_2 的目的。

(3) 脱 O_2 脱 CO_2 剂 可在脱 O_2 的同时脱除 CO_2 , 造成低 O_2 、低 CO_2 贮藏环境。

将铁粉 200g、氧化亚铁 120g、碳酸氢钠 200g、邻苯二甲酸 80g、斑脱石 200g 混合均匀, 装入透气性的纸袋中即可。使用时需与 0.02~0.04mm 厚聚乙烯

烯薄膜袋密封包装配合。使用量按每升体积用3~8g该保鲜剂。

(4) 二氧化碳发生剂 将碳酸氢钠73g、苹果酸88g、活性炭5g混合均匀即可。将其分装成5~10g小袋封。使用时将其密封在聚乙烯薄膜袋、纸箱贮藏果蔬的容器中,即可在其间释放出二氧化碳气体。

5. 利用湿度调节剂保鲜果蔬

在果蔬贮藏过程中,为保持一定的湿度环境,可采用在薄膜包装的果蔬容器中,施用水分蒸发抑制剂和防结露剂的方法来调节,以达到提高贮藏效果的目的。

将聚丙烯酸钠包在透气性的纸袋内,与果蔬一起封入塑料薄膜包装袋。当袋内湿度降低时,它能放出已捕集的水分,以调节环境中的湿度。使用量一般为果蔬重量的0.6%~2.0%。适用于葡萄、苹果、梨、柑橘、桃、李等水果和蒜薹、青椒、番茄、菜花、菠菜、蘑菇等蔬菜的贮藏湿度调节。

6. 利用生理活性调节剂保鲜果蔬

生理活性调节剂系指对植物生长、成熟过程具有生理活性的物质(植物激素)或刺激生长、成熟,或调节生长、成熟的化学药剂。用0.1g苄基腺嘌呤溶解于5000mL水中,配制成0.002%的溶液,用浸渍法处理叶菜类(芹菜、菠菜、香菜、甘蓝、大白菜、青花菜等)或果菜类(青椒、黄瓜、菜豆等),能够抑制其呼吸代谢,延缓其衰老过程。使用浓度通常为0.0005%~0.002%。

7. 利用气体发生剂保鲜果蔬

气体发生剂是挥发性物质,或经化学反应能产生的气体,这些气体能杀菌消毒或释放乙醇催熟。

(1) 二氧化硫发生剂 将焦亚硫酸钠50g,与氧化硅胶100g混合均匀(量大可按比例),分装在透气的棉纸制成的小袋内。使用时将其按规定量(葡萄为0.5%~1.0%)加施到聚乙烯薄膜包装贮藏果蔬袋内,可释放二氧化硫防腐。适用于葡萄、花椰菜、芦笋等果蔬保鲜,可防治灰霉病的发生。

(2) 乙醇发生剂 将30g无水硅胶放在40mL乙醇中浸渍,使其充分吸附后除掉余液,装入耐湿透气性的容器中。可与10kg绿熟香蕉一起装入聚乙烯薄膜包装袋内,密封后置于20℃左右温度环境中,经3~6d即可使之成熟转黄,上市销售。这种催熟方法最适合香蕉运销中使用,往往到达目的地即可销售。

8. 保鲜剂使用过程中的几个问题

(1) 保鲜剂在贮藏过程中一般只作为辅助措施,必须和其他贮藏方式(冷

藏、气调等)结合起来使用,才能具有较好的保鲜效果。

(2) 保鲜剂的浓度,要根据不同果蔬不同贮藏温度而定,在使前须认真阅读使用说明,不能照搬某一浓度。

(3) 保鲜剂的种类不同,其保鲜机理和保鲜作用也不同,在具体应用时应根据贮藏果蔬的要求使用。

3.5.2 辐射贮藏

辐射贮藏果蔬主要是利用钴-60,它能产生具有较强的穿透能力的 β 射线。当其穿透生物机体时,使机体中的水和其他物质发生电离作用,影响到机体新陈代谢,严重时杀死细胞,从而杀死果蔬表面的各种病菌及发芽部位的细胞,延长果蔬贮藏期。

辐射贮藏一般不作为单独的贮藏方式,而是和冷藏气调等贮藏方式相配合使用,根据所要求的作用不同,采用的辐射剂量也不同,在生产上使用的剂量有3种:

低剂量:1 kGy(戈瑞)以下,其作用是抑制块茎、鳞茎类蔬菜的发芽,杀死寄生虫。

中剂量:1~10kGy,其作用是抑制代谢,抑制真菌活动。

高剂量:10~50kGy,其作用是彻底灭菌。

应该指出的是应用辐射技术贮藏果蔬,目前只是在部分产品中允许使用,蔬经辐射后,在抑制发芽、抑制微生物活动的同时,也会产生一些不良作用。产品异味、果实组织软化、失去脆性,汁液增多,贮运中损伤增加,维生素C、维生素E被破坏,果实颜色变暗甚至褐变等。所以,在实际应用应根据需要选择合理的使用剂量,同时在照射前后进行水洗、涂蜡、速冻、波、低温等处理,也可减少辐射伤害。

另外,辐射操作过程中,要认真细致,避免对工作人员造成危害,辐射处理的果蔬品种,应经过充分的毒理试验及分析,确保使用后对人体无毒,保证安全。

3.5.3 减压贮藏

减压贮藏是气调贮藏的特殊运用形式,它是通过减压技术使贮藏环境中的气压低于大气压,即具有一定的真空度。由于气压的降低,使氧气分压也减少,乙烯等有害气体浓度也较低。从而起到延长贮藏保鲜期的目的。其结构示意图如图3-18所示。

减压贮藏是将果蔬放置于气密性极好的贮藏室内,用真空泵抽出室内部分空气,使贮藏室内气压达到某一标准,并在贮藏期间维持恒定的压力,室内真空

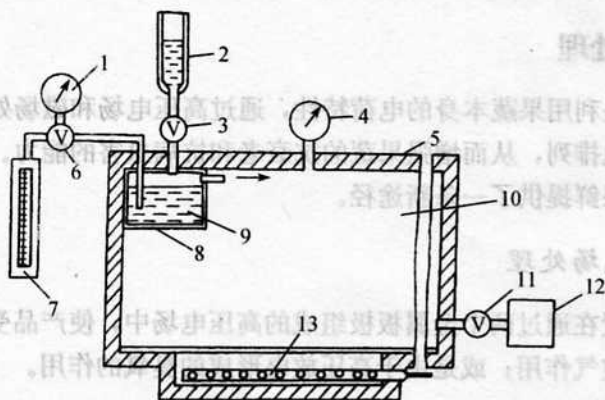


图 3-18 减压贮藏的基本设备

1. 真空表; 2. 加水器; 3. 阀门, 需补偿水时开启; 4. 湿度表; 5. 隔热墙; 6. 真空气节器;
7. 空气流量计; 8. 加湿器; 9. 水, 可加入挥发性杀菌剂如仲丁胺; 10. 减压贮藏室;
11. 真空调节阀; 12. 真空泵; 13. 制冷系统的冷却管

的大小根据不同果蔬、不同的成熟度而确定, 一般控制压力为 $(53.310 \sim 5.263) \times 10^4 \text{ Pa}$ 。工作工艺流程: 产品预冷 → 入减压贮藏室 10 → 完成各项气密处理 → 启动制冷系统冷却管 13 → 启动真空泵 12 → 调节真空节流阀 11 → 观察真空表 1 使压力保持某一定值 → 打开真空气节器 6 输入新鲜空气 → 观察并保持一定值空气流量 7 → 新鲜空气经过加湿器 8 中的液体 → 使减压贮藏室内保持一定温度、湿度、气体 (O_2 和 CO_2)、压力即可。压力平衡后的气体流量每小时为减压室体积的 1~4 倍。

减压贮藏由于贮藏环境和果蔬组织内部的压力存在差异, 有助于果蔬组织内的氧和挥发性代谢产物乙烯、乙醇、乙醛等气体迅速逸出, 再通过真空泵散发到室外, 从而避免果蔬中毒伤害; 能抑菌、灭菌, 某些侵染性病害在 $3.705 \times 10^4 \text{ Pa}$ 条件下菌丝生长受到抑制, 因此具有较好的贮藏效果。某些原来因气味相互干扰不易混贮的果蔬 (但温度、湿度、压力、气体指标需一致) 可以混贮。

在减压贮藏过程中存在的问题是, 在减压条件下果蔬组织内的水分极易蒸发, 容易造成萎蔫现象的发生, 因此, 在利用减压贮藏时, 贮藏室内要保持较高的湿度, 一般在 95% 以上, 而高湿度又会加重病菌的污染, 所以减压贮藏应配合化学防腐剂的应用。另外, 利用减压贮藏也容易造成芳香物质的挥发, 使产品风味劣变。此外, 现阶段还无法将减压与气调和为一体, 因为在减压条件下, 还无法解决气调中的 CO_2 浓度值。如 5% CO_2 加入 10% 大气压的减压贮藏室中, 则变为 1.5%; 如何保持气体循环中气源的 O_2 和 CO_2 浓度仍有问题。

由于减压贮藏要求贮藏室气密性高, 否则达不到减压要求, 因此, 减压贮藏设备投资大, 操作复杂, 目前在生产上还未被广泛应用, 但它克服了气调贮藏中的一些缺点, 所以仍为果蔬贮藏中的一种较为先进的方法。

3.5.4 电磁处理

电磁处理是利用果蔬本身的电荷特性，通过高压电场和磁场处理，使部分分子有规则地排列，从而增强果蔬的抗衰老和抗病虫害的能力。电磁技术应用为果蔬贮藏保鲜提供了一条新途径。

1. 高压电场处理

将果蔬放置在通过两个金属板极组成的高压电场中，使产品受电场和电形成的离子空气作用；或是由于高压放电形成的臭氧的作用。

2. 磁场处理

将产品放在通过电磁线圈的磁场中，果蔬受磁力线的影响，提高生活力，增强抗病变能力。

3. 臭氧处理和离子空气处理

用高压放电产生的离子空气和臭氧处理果蔬，离子空气能抑制果蔬的生理活性，钝化酶的活性，从而抑制果蔬的生理活性。臭氧具有灭菌消毒、破坏细胞壁的作用，具有较好的防腐保鲜效果。

电磁处理技术贮藏果蔬，目前处于试验阶段，它作为重要的贮藏辅助技术，效果是非常明显的，今后也必将会得到广泛应用。

实验实训一 果蔬贮藏环境中氧和二氧化碳含量的测定

1. 目标原理

贮藏环境中氧和二氧化碳的含量多少，会影响果蔬的呼吸作用。尤其在贮藏果蔬中，随时掌握环境中二氧化碳和氧含量的变化是十分重要的。通过实训训练，使学生学会使用奥氏气体分析仪和测定贮藏环境中氧、二氧化碳含量的方法。

奥氏仪运用化学吸收法测定环境中二氧化碳和氧，以氢氧化钾溶液吸收二氧化碳，焦性没食子酸碱性溶液吸收氧，从而测出其含量。

2. 材料、仪器

(1) 材料 氢氧化钾、焦性没食子酸、甲基红（或甲基橙）、氯化钠、果蔬产品，2kg 装塑料袋。

(2) 仪器 奥氏气体分析仪
(图 3-19)。

3. 操作步骤

(1) 配制指示剂和吸收剂

① 指示剂配制 在调节液瓶(1)中, 装入 200mL 氯化钠饱和溶液, 再滴入 2~3 滴 0.1~1mol/L 的盐酸和 3~4 滴 1% 甲基红(或甲基橙), 此时瓶中即为玫瑰红色的指示液, 以便于进行测量, 同时, 当操作时不慎使吸气球管中碱液进入量气管内, 即可使指示剂呈碱性反应, 由红色变为黄色, 很快能发觉。

② 氧吸收剂的配制 通常使用的氧吸收剂主要是焦性没食子酸碱性溶液。配制时, 称取 33g 焦性没食子酸和 117g 氢氧化钾, 分别溶解在一定量的水中, 冷却后将没食子酸溶液倒入氢氧化钾溶液中, 再加蒸馏水至 150mL, 成焦性没食子酸碱性溶液。

③ 二氧化碳吸收剂的配制 称取氢氧化钾(分析纯或化学纯) 20.3g 在塑料容器内, 加入 70~80mL 蒸馏水, 不断搅拌, 配成的溶液浓度为 30%。

(2) 仪器的清洗和调整

① 将仪器中所有玻璃装置部分洗净, 磨口活塞涂上凡士林, 并按图示

② 注入吸收剂 管 3 注入氢氧化钾溶液; 管 4 注入焦性没食子酸碱性溶液。要求将吸收剂注至球管口。

③ 量气筒套管中注上蒸馏水, 调节液瓶中注上指示液。

④ 关掉所有二通塞开关, 把 7 转成排气位置上, 举 1 排出 2 中空气, 转 7 呈入位置, 即关闭了取气口和排气口, 然后打开 5, 下降 1, 此时 3 中吸收剂上升至管口顶部, 立即关闭 5, 使吸收剂液面停止在刻度线上; 再打 7 呈排气位置, 举 1 排出 2 中空气, 然后旋转 7 处关闭位置, 再打开 6, 下降 1, 使 2 中液面上升至管口刻度, 立即关闭 6。

⑤ 洗气 先打开 7 呈排气位置, 举 1 排出 2 中空气, 量气管液面下降至 100 时, 立即旋紧 7 呈入位置, 下降 1 使吸入样气至最低刻度处, 这

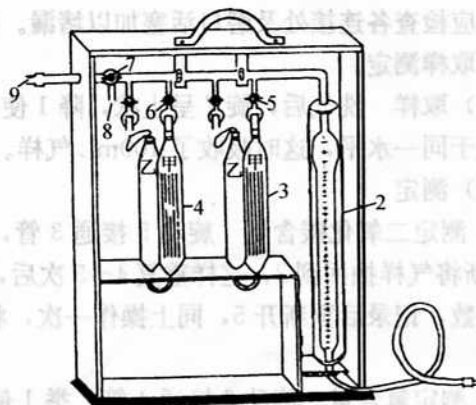


图 3-19 奥氏气体分析仪

1. 调节液瓶; 2. 量气筒; 3、4. 吸气球管;
- 5、6. 二通活塞; 7. 三通活塞;
8. 排气口; 9. 取样气孔

漏气，应检查各连接处及磨口活塞加以堵漏。再把样气排出。重复洗气一次，就可进行取样测定。

(3) 取样 洗气后，旋7呈上状，降1使2液面降至刻度0处，并将1与2两液面于同一水平，这时吸收了100mL气样。记录初试体积 V_1 。

(4) 测定

① 测定二氧化碳含量 旋动5接通3管，举1使气样全部压入3中，再降1，重新将气样抽回到2，这样重复4~5次后，关闭5，把1移近2，在两液面平衡时读数，记录后重新开5，同上操作一次，将两次读数平均后，记录测试体积 V_2 。

② 测定氧含量 旋动6接通4管，举1使气样压入4中，用测二氧化碳的方法测出测试体积 V_3 。

4. 计算

$$O_2(\%) = \frac{100 \times (V_1 - V_2)}{V_1};$$

$$CO_2(\%) = \frac{100 \times (V_2 - V_3)}{V_1}.$$

5. 注意事项

(1) 排、压和吸入气体时，2内的液面不能上升至最高刻度线，下降时也不能过低，以免指示剂液与试剂接触，使测定失误。

(2) 举1时动作不宜太快，以免气样受压过大，造成吸收剂自乙管溢出，如发生这种现象，需重新测定。

(3) 先测二氧化碳，然后测氧。

(4) 吸收剂为强碱溶液，使用时应注意安全。

6. 作业

(1) 及时记录测定数据，并将计算结果写成实验报告。

(2) 总结测定环境中二氧化碳、氧含量的关键所在。

实验实训二 当地主要贮藏设施性能指标调查

1. 目标原理

贮藏设施是果蔬采后延续生命的场所，其提供果蔬贮藏保鲜所需条件的性能如何，是影响果蔬采后减损、保值、增值的基础和前提条件。通过对当地主要贮

藏设施性能指标的调查,了解当地贮藏设施性能水平情况。

2. 用具资料

卷尺、温度计,当地气候条件数据统计,当地果蔬贮藏品种及规模。

3. 操作步骤

(1) 确定贮藏设施性能指标

- ① 控温性能 能提供的温度范围,控制温度条件的方式。
- ② 控湿性能 能提供的湿度范围,控制湿度条件的方式。
- ③ 气体调节性能 能提供的成分范围,控制成分的方式。
- ④ 保温性能 保持温度的能力,保温材料的使用,保温方式。
- ⑤ 通风性能 通风换气的能力,通风孔的分布情况。
- ⑥ 气密性能 保持气密性的能力,气密材料的使用,气密方式。
- ⑦ 库容积 贮存产品的能力。
- ⑧ 辅助性能 照明、防火、避雷、防鼠、贮藏架、包装、称量等设施等。

(2) 实地调查

- ① 对当地主要贮藏设施进行普查摸底,确定重点调查对象。调查对象要呈典型性分布,力求涵盖尽可能多的贮藏设施类型。
- ② 通过实地考察、询问等对贮藏设施性能进行调查,并做详细记录。
- ③ 了解贮藏设施的使用情况及贮藏效益。

4. 作业

- (1) 据对当地主要贮藏设施性能指标的调查写出调查报告。
- (2) 试对当地贮藏设施性水平及其使用水平进行评价。

【复习思考】

1. 简易贮藏的方式有哪些?是怎样进行果蔬质量控制的?
2. 通风贮藏库的设计应考虑哪些因素?如何计算通风贮藏库的隔热能力?
3. 怎样使用通风贮藏库对果蔬进行贮藏保鲜?
4. 如何利用机械冷藏库控制果蔬质量?如何计算冷库的耗冷量?
5. 为什么说气调贮藏是当代贮藏设施的高级形式?
6. 如何在通风库中进行塑料大帐贮藏?