

真空冷却技术手册

果蔬真空预冷 · 食品真空速冷 · 常见问题 30 问

东莞市源鲜食品机械有限公司 | Vacuum-Fresh | www.vacuum-fresh.com



一、真空冷却的基本原理

1. 为什么真空能把东西快速冷下来？

水的沸点随压力下降而下降。常压下 100℃ 沸腾，压力降到约 610Pa 时，水在 0℃ 左右就沸腾。

真空冷却就是利用这一点：把物料放进密闭箱体，抽走空气使箱内压力降到几百帕，物料表面的水分在低温下沸腾蒸发。水蒸发需要吸收汽化潜热，这部分热量从物料本身取走，物料温度随之下降。

一句话：降温靠的是水分蒸发，不是靠吹冷风。

2. 为什么设备必须配制冷系统？

蒸发出来的水蒸气必须有地方去。如果直接让蒸汽进真空泵，泵会乳化、抽速下降，工艺就走不下去。

所以箱内配捕水器（蒸发器）：水蒸气在捕水器表面凝结成冰被截留下来，热量由制冷系统的冷媒带到箱外排掉。捕水器蒸发温度通常控制在 -10~-5℃。

不含制冷系统的设备只能做"抽真空"的活，做不了连续稳定的冷却工艺。

3. 捕水器为什么定在 -10~-5℃，不是更低？

这个温度区间足够把几百帕下的水蒸气凝住（该压力下水的饱和温度接近 0℃），同时让压缩机在合理工况下运行。一味压低蒸发温度，压缩机能效下降、除霜频繁，反而拖慢单批时间。

二、两类设备怎么区分

4. 果蔬真空预冷机和食品真空速冷机的区别

项目	果蔬真空预冷机	食品真空速冷机
处理温度	常温果蔬 25~30℃ → 目标温度	热食 80~90℃ → 目标温度
典型场景	种植农场、产地收购站、合作社、种植基地	熟食厂、烘焙厂、中央厨房、预制菜工厂
批次批量	1000~6000 kg/批	50~1000 kg/批
主要目的	去除田间热、延长货架期	快速穿过细菌繁殖温区、减少失水
型号读法	CVF-2000E-4P（2000kg / 蒸发冷 / 4 卡板）	CVF-600W-L（600kg / 水冷 / 低温型）

两类设备的温度区间不同，不能互相替代：把热食当常温果蔬处理，泵组和捕水器的热负荷都扛不住。

5. 型号怎么读

- 食品真空速冷机：CVF-{批次处理量}{冷凝器}-{温度代码}，如 CVF-600W-L（600kg、水冷、低温型 2~20℃）、CVF-300A-N（300kg、风冷、常温型）
- 果蔬真空预冷机：CVF-{批次处理量}{冷凝器}-{卡板数}P，如 CVF-2000E-4P、CVF-5000W-10P
- 真空冻干机：CVD-{搁架面积}，如 CVD-1000（10m²）、CVD-10000（100m²）
- 负压箱体：CVB-{内腔容积 m³}，如 CVB-2.7

三、工艺：为什么是两段式

6. 高温物料必须先粗抽

以一批 600kg 卤制熟牛肉为例（90℃ 入料、目标 25℃、单批 18 分钟）：

阶段	温度范围	时间	冷却方式	冷量来源
① 粗抽段	90℃ → 50℃	3~5 min	水环泵粗抽	水环泵排水带走热量
② 精抽段	50℃ → 25℃	13~15 min	捕水器 + 旋片泵	制冷系统供冷

粗抽段用一级水环泵（如 2BV5061）：水环同时起到冷却和捕水作用，吸收高温水蒸气并随排水排出，现场用水量约 2.0 m³/h。

精抽段启动制冷系统与旋片泵：捕水器把剩余水蒸气凝住，热负荷降下来，箱内压力继续下降，物料从 50℃ 平稳降到 25℃。

两级泵为并联配置，管路次序不可颠倒。

7. 每批要移走多少热量

同一批 600kg 熟牛肉：

项目	计算	数值
食品比热容	$C_p = 1.424 \times 0.60 + 0.837 \times 0.40$	1.189 kJ/(kg·K)
物料需移除热量	$Q = 600 \times 1.189 \times (90 - 25)$	46,371 kJ
辅助热负荷（物料车、箱体泄漏）	—	~2,400 kJ
合计	—	~48,700 kJ/批

热负荷算清楚了，压缩机排量和捕水器面积才有依据。

8. 冷却时间由什么决定

主要看三件事：批重与比热容、物料表面积与包装形式、箱体密封性。

同样 600kg，裸冷（无包装）比带包装托盘快得多；浅盘摊放比整块堆叠快。所以方案里第一件事是确认装料方式，而不是先挑机器。

四、失水率与品质

9. 失水率大概是多少

真空冷却的失水来自水分蒸发，实际控制在 3~5%。物理范围约 1~12%，取决于物料含水率、目标温度差和是否带包装。

对烘焙类等本身含水率较低的产品（含水率 15~45%），失水率通常在 0.5~2%，属于正常范围。

10. 怎么减少失水

- 尽量缩短粗抽段时间：箱体密封好，压力降得快，蒸发损失就少
- 控制目标温度：降温幅度越大，蒸发量越大
- 包装允许的情况下加透气膜或浅盘摊放，减少表面裸露面积
- 设备侧关键是箱体密封与捕水器效率——把该凝的水凝住，而不是让它靠蒸发"跑掉"

11. 会不会影响口感

真空冷却速度快、受热时间短，对熟食类产品通常比自然摊凉或风冷更有利。熟食厂的实际反馈集中在两点：出品温度稳定、批次间一致性好。

五、设备维护与故障排查

12. 预冷机、速冷机需要化霜吗

不需要单独设置化霜程序。单批处理时间约 15~30 分钟，下一个周期开始时的升温段会把捕水器表面的霜自然融掉。

13. 降温时间越来越长，是什么原因

泵组、制冷系统通常不是第一嫌疑。绝大多数情况是箱体漏气：

- 门密封胶条被撞坏、老化变形
- 阀件密封不严（真空阀、破真空阀）
- 箱体焊接存在漏点

压力降不下来，水分蒸发就慢，单批时间随之变长。先做保压检漏，再查设备。

14. 真空泵怎么配

- 果蔬预冷机、食品速冷机：目标真空度 $\leq 600\text{Pa}$ ，标准配置为旋片泵（速冷机为水环泵 + 旋片泵两级）
- 罗茨泵在中大型预冷机（CVF-5000 及以上、多卡板机型）可提升抽速；中小型预冷机、食品速冷机不配罗茨泵
- 冻干机目标真空度 $\leq 15\text{Pa}$ ，必须罗茨泵 + 旋片泵（甚至三级泵组）；罗茨泵需要前级泵先把压力降到 1kPa 左右才能启动

15. 箱体材质

果蔬预冷机箱体为 Q235 碳钢内壁做防锈处理，不是不锈钢。选材看使用场景与预算，采购时以方案清单为准。

六、选型时客户最常问的

16. 我应该报多大批量

按生产高峰小时的产出，而不是日产量平均值。预冷机常见是 1000~6000kg/批，速冷机 50~1000kg/批；连续生产场景（例如 3 批/小时）要按小时峰值配置。

17. 处理空间和容积怎么算

处理空间指真空箱体内腔净容积（m³）。它和整机重量没有比例关系——设备重量只与运输、安装、楼板承重、轻量化有关，不能拿 kg/m³ 去判断结构好坏。

18. 双门和单门怎么选

连续生产建议双门：前门进料、后门出料，两个工序可以同时进行。单批间隙生产、场地受限时用单门。

19. 冷却后怎么衔接后段

真空冷却后物料表面温度已降到目标值，可直接进入分装、速冻、冷藏或冷链运输环节。需要连续线时，箱体进出料方式（台车、输送滚筒）在方案阶段就要定下来。

20. 实际案例数据

客户场景	机型	批次	温度	单批时间
卤制熟牛肉（湖南）	CVF-600W	600 kg	90℃ → 25℃	18 min（3 批/小时）

更多案例与参数以实际方案文件为准。

七、十个常见误区

1. 真空冷却靠冷风降温 → 靠的是水分在低压下蒸发带走热量
2. 不需要制冷系统 → 捕水器必须先决，否则真空泵无法持续工作
3. 蒸发温度越低越好 → -10~-5℃ 是合理工况，越低能效越差
4. 设备要化霜 → 单批 15~30 分钟，下周期高温段自然融霜
5. 降温变慢就是泵坏了 → 先检查箱体漏气（门胶、阀件、焊缝）
6. 用 kg/m³ 判断箱体结构 → 容积与重量无比例关系
7. 预冷机和速冷机互换使用 → 温度区间不同，热负荷差异大
8. 失水率越高越正常 → 实际可控 3~5%
9. 按日产量平均值选机 → 按高峰小时产出选
10. 冻干机和速冷机是替代关系 → 前者做脱水保存，后者做快速降温，工艺目标不同

八、联系我们

- 公司：东莞市源鲜食品机械有限公司
- 官网：www.vacuum-fresh.com
- 邮箱：sales@vacuum-fresh.com
- 联系人：Kenny Pan / WhatsApp: +86 188 2550 1449

设备选型需要结合具体物料、批量与场地条件，以正式方案与合同为准。

