

GB/T 21145《运输用制冷机组》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 任务来源

本标准是根据国家标准委 2021 年第一批国家标准制修订计划（计划编号：20210717-T--604）要求进行制定，项目名称“运输用制冷机组”，主要起草单位：合肥通用机械研究院有限公司等。

2 主要工作过程

起草阶段：2019 年 1 月份，为了适应运输用制冷机组的行业发展，推动标准引领行业技术进步，在全国冷标委秘书处的组织下，由合肥通用机械研究院有限公司牵头成立了标准起草工作小组，对 GB/T 21145 标准开展了修订工作的前期预研工作。工作组查阅大量资料、进行市场调研，对国内外相关标准、资料、数据进行分析整理，搭建标准框架，形成标准修订草案。2019 年 5 月 22 日标准起草组在合肥召开了标准起草第一次行业研讨会，对标准的主要内容进行了讨论。会后，标准起草工作组依据会议讨论的结果对标准稿件进行了修改和完善，形成标准征求意见稿初稿。2021 年 5 月 12 日，标准起草组在广州召开了标准第二次行业研讨会，对标准的征求意见稿初稿进行了讨论。会后，标准起草工作组对标准进行了再一次的完善，并形成正式的征求意见稿，于 2021 年 5 月 19 日提交至冷标委秘书处。

二、标准编制原则和主要内容

1 标准编制原则

本标准在制定过程中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编写。在确定本标准主要技术要求和试验方法时，参考了国内外相关技术标准，如美国的 AHRI 1110-2013 *Performance Rating of Mechanical Transport Refrigeration Units*《机械运输制冷机组的性能评定》，ATP ECE/TRANS/249《欧洲易腐食物国际运输及其特种运输设备条约》相关内容。标准的制定统筹考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准的先进性与科学性。

2 标准主要内容

2.1 增加了标准适用范围

原标准主要内容仅适用于以发动机驱动的汽车运输用制冷机组，随着新能源汽车、轨道交通冷链物流技术的发展和绿色发展的需求，以电力（电机）驱动的汽车、列车用运输用制冷机组市场发展迅速，以电力（电机）驱动运输用制冷机组对产品的技术要求、能效限定值等提出新的要求，现有标准已经无法适应产品技术和市场的发展。因此，标准拓展了适用范围。本文件适用于汽车、列车用以发动机驱动或电力（电机）驱动的运输用制冷机组。

2.2 修改了机组的考核工况条件

目前，生鲜产品的运输从以单一运输为主逐渐转变为蔬菜、瓜果、肉类、生物医药等各类鲜活

农产品、医药生物产品的综合运输，运输用制冷机组的运行工况范围和运行条件有了很大的拓展，机组可以满足-36℃~30℃的不同温区的库温需求。原标准中规定的运行考核工况和适用范围已经远远无法覆盖目前产品的适用范围，需要针对性的修订。

不同的冷冻、冷藏对象，对温度的要求不同。有的货物要求厢内温度维持在 0℃以上；有的货物要求温度须维持在-4℃以下，有的甚至要求达到-36℃等等。因此，运输用制冷机组的工况应该按照其运输介质温度范围的不同进行分类，并分别给出其相应的考核工况。标准研究过程中，对行业运输用制冷机组产品的温区范围进行了调研，在专家研讨以及国际标准协调一致的基础上，将运输用制冷机组按照温区不同分为高温型和低温型两类产品，并分别给出了不同温区产品的试验考核工况条件。

根据机组的冷藏室的温度范围可分为：高温型和低温型。

——高温型：车辆的冷藏室中保持-4.0℃或更高温度，通常运输非冷冻产品；

——低温型：车辆的冷藏室中保持-4.0℃以下温度。

不同温区机组的试验考核工况条件如表 1 所示。

表 1 运输用制冷机组的工况参数

试验条件	机组类型	蒸发器回风空气状态		冷凝器进口空气状态			
		干球温度/℃	相对湿度/RH	干球温度/℃	相对湿度/RH		
名义工况	高温型	0	—	30	—		
	低温型	-20					
最大负荷连续运行工况	高温型	21		49			
	低温型						
启动运行工况	高温型	38		38			
	低温型						
低温运行工况	高温型	-29		-20			
	低温型						
除霜空调	高温型	0		95%		30	95%
	低温型	-20					

机组名义工况测试时，发动机驱动型机组应按生产厂商推荐的压缩机高转速值±50 r/min 进行；电力（电机）驱动型机组应按铭牌上的额定电压和频率进行。

2.3 增加了启动运行、最大负荷连续运行的技术要求和试验方法

运输用制冷机组与常规的空调系统或者制冷机组有很大的不同，运输用制冷机组一般运行的环境比较恶劣，一般暴露于日照、高温等恶劣的气候条件中，这些都对运输用制冷机组提出了严峻的考验。因此，考核运输用制冷机组的环境适应性，确保机组在恶劣的环境条件下能够正常启动和可靠运转具有意义。本课题提出启动运行和最大负荷连续运行的考核指标和试验方法。

(1) 机组的启动运行性能

机组的启动运行性能主要考核机组在高温环境下启动后，是否能够快速的降温，满足机组对于货物储存的要求。主要性能要求和试验方法如下：

- a) 将机组所有部件置于 38.0±1.1℃的环境中不少于两小时；
- b) 按表 1 规定的启动运行工况下开启机组连续运行 1 小时，运行时蒸发器的进口空气温度应保持在 26.5℃~38.0℃的范围内；
- c) 机组连续运行 1 小时后停机 5 分钟，然后重新启动机组，重启时蒸发器的进口空气温度应不低于 26.5℃；

d) 机组重新启动后，应再连续运行 1 小时，然后停机 5 分钟，并尝试第二次重启。如果设备第二次成功重启，则机组通过测试要求。

对于电力（电机）驱动型机组，整个启动运行试验应在机组铭牌电压的 90% 下进行。

(2) 最大负荷连续运行试验

按表1规定的最大负荷连续运行工况，至少连续制冷运行1小时。在进行该试验时，允许机组自动限制输入功率。若试验过程机组能够正常运行，则机组通过测试要求。

2.4 附录A中增加了多温区机组的制冷量试验方法

冷链市场朝着小批量、多品种的方向发展，冷藏车往往需要同时运送储藏温度不同的货物，多温区运输用制冷机组可以满足冷藏车厢体多个温区的冷藏需求，拓宽了冷藏车的适应性，具有良好的市场竞争力。目前，标准的性能测试方法仅仅针对单温区的机组，缺乏针对多温区机组的测试方法，迫切需要开展多温区运输制冷机组试验方法的研究，并形成标准化测试方法，以此推动该类产品的技术提升和研发水平。

GB/T 21145-2007 标准给定了单温区机组的标定型量热计法和平衡环境型量热计法两种制冷量测试方法，但上述方法不适用多温区机组。通过对上述方法的分析可以看出，机组制冷量的确定基于热平衡的原理确定。基于热量平衡的原理，本标准给出了基于标定型量热计法的多温区运输机组制冷量的测试方法。

基于标定型量热计的多温区机组试验方法的布置原理图见图 1 所示，本方法用以测定多温区机组多个独立温区的制冷量的方法，安装有多个不同温区蒸发器的多个标定箱应安装在有一定尺寸的量热计外壳内。

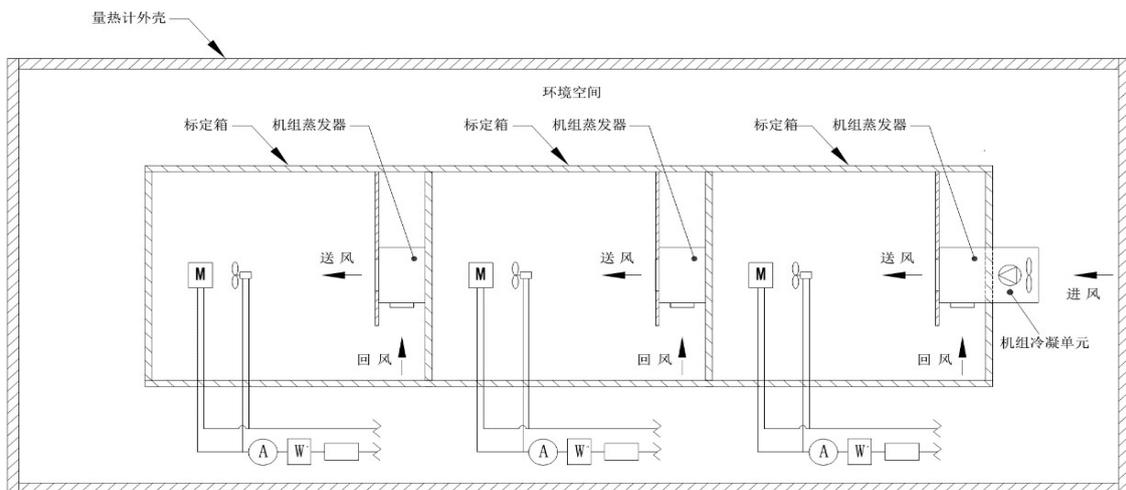


图 1 多温区机组标定型量热计法原理图

(1) 标定箱漏热系数的确定

采用图 1 所示的标定型量热计法进行多温区机组制冷量试验之前，必须进行校准试验，确定标定箱的漏热系数。

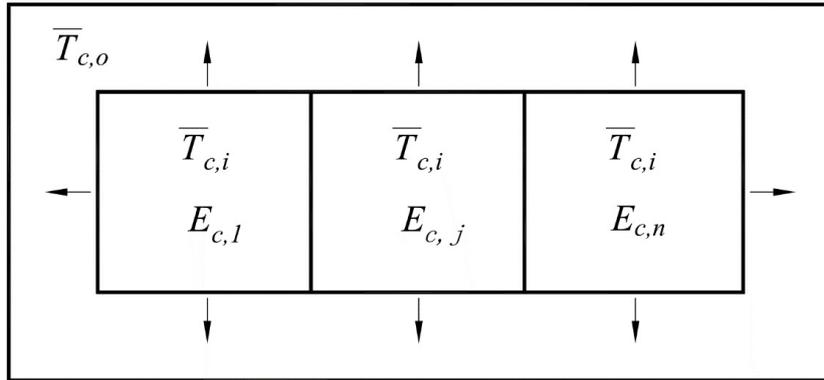


图 2 多温区机组校准试验模型

图 2 所示为多温区机组校准试验模型图，当标定箱内温度达到恒定时，各个温区标定箱内温度保持一致，根据热量平衡原则，第 j 个标定箱与相邻的标定箱之间没有传热，第 j 个标定箱内的加热量 $E_{c,j}$ 等于第 j 个标定箱向量热计外壳环境空间的漏热量，则 n 个标定箱内的加热量 E 等于 n 个标定箱向量热计外壳环境空间的总漏热量，标定箱壁面单位面积漏热系数计算见式 (1) ~ (3)：

$$u_A = \frac{U_A}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$U_A = \frac{Q_c}{\bar{T}_{c,i} - \bar{T}_{c,o}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_c = \frac{\sum_{j=1}^n E_{c,j}}{t_c} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- u_A ——标定箱壁面单位面积漏热系数，单位为瓦每摄氏度每平方米 ($W/^\circ C/m^2$)；
- A ——置于外环境间的标定箱的壁面的总表面积，单位为平方米 (m^2)；
- U_A ——标定箱总漏热系数，单位为瓦每摄氏度 ($W/^\circ C$)；
- n ——标定箱数量；
- Q_c ——校准试验时，达到稳定状态后从 n 个标定箱泄露到外环境间的总漏热量，单位为瓦 (W)；
- $\bar{T}_{c,i}$ ——校准试验时，达到稳定状态后标定箱内平均温度，单位为摄氏度 ($^\circ C$)；
- $\bar{T}_{c,o}$ ——校准试验时，达到稳定状态后外环境间内平均温度，单位为摄氏度 ($^\circ C$)；
- t_c ——校准试验时，达到稳定状态后的数据记录时间，单位为小时 (h)；
- $E_{c,j}$ ——时间 t_c 内第 j 个标定箱内电热器、风扇电机和其他设备所消耗的电能，单位为瓦时 ($W \cdot h$)。

(2) 多温区机组制冷量的确定

根据上述方法，确定了标定箱的漏热系数后，可以确定多温区机组的制冷量。图 3 所示为多温区机组制冷量性能试验模型图，当不同温区标定箱内温度达到机组工况设定值时，根据热量平衡原则，第 j 个标定箱的制冷量 Q_j 等于标定箱 j 内电热器、风扇电机和其他设备所消耗的加热量与箱外环境空间和相邻的标定箱传入的加热量，制冷机组在温区 j 的制冷量计算见式 (4) ~ (5)：

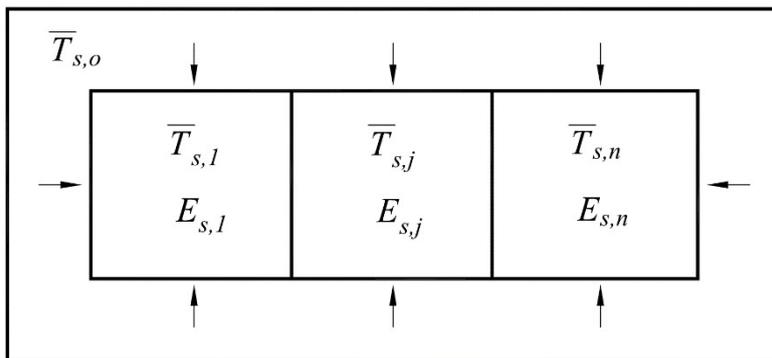


图3 多温区机组制冷量性能试验模型图

$$Q_j = Q_{s,j} + u_A(\bar{T}_{s,o} - \bar{T}_{s,j})A_{o,j} + u_A \sum_{k=1}^m (\bar{T}_{s,k} - \bar{T}_{s,j})A_{k,j} \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_{s,j} = E_{s,j}/t_s \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- Q_j ——制冷机组在温区 j 的制冷量, 单位为瓦 (W);
- $Q_{s,j}$ ——性能试验时, 达到稳定状态后标定箱 j 的加热量, 单位为瓦 (W);
- t_s ——性能试验时, 达到稳定状态后的数据记录时间, 单位为小时 (h);
- $E_{s,j}$ ——时间 t_s 内标定箱 j 内电热器、风扇电机和其他设备所消耗的电能, 单位为瓦时 (W·h);
- $\bar{T}_{s,o}$ ——性能试验时, 达到稳定状态后外环境间内平均温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $\bar{T}_{s,j}$ ——性能试验时, 达到稳定状态后标定箱 j 内平均温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $A_{o,j}$ ——标定箱 j 与外环境间相连的壁面的表面积, 单位为平方米 (m²);
- $\bar{T}_{s,k}$ ——性能试验时, 达到稳定状态后与标定箱 j 相邻的标定箱 k 内平均温度, 单位为摄氏度 (°C);
- $A_{k,j}$ ——标定箱 j 与相邻的标定箱 k 共用的壁面的表面积, 单位为平方米 (m²);
- m ——与标定箱 j 相邻的标定箱的数量。对于置于外区的标定箱(如图示温区 1 和温区 n), $m=1$; 对于置于内区的标定箱, $m=2$ 。

2.5 增加了总输入功率试验相关要求

GB/T 21145-2007 标准给定了运输用制冷机组的性能计算方法, 标准规定运输用制冷机组的性能系数 COP 为实测制冷量与测试所用总功率之比。但是, 对于机组的总功率的测试, 并未给出具体的操作方法, 且仅针对于发动机驱动的机组, 对于电驱动的机组未给出总功率操作方法。

运输用制冷机组制冷测试时, 机组的总功率包括两个方面的内容, 一方面为机组压缩机的驱动功率, 另一方面为机组蒸发器风机、冷凝器风机、电控系统等机组其他辅件的耗电功率。

(1) 压缩机驱动功率

对于发动机驱动型机组, 在机组制冷量性能试验时, 测定发动机驱动压缩机所消耗的功率, 并测定机组辅件耗电功率。

独立式发动机驱动型机组, 驱动压缩机所消耗的功率, 按式 (6) 计算。

$$P_f = \frac{G_f \cdot q_f}{3600 \times t} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- P_f —— 发动机驱动压缩机所消耗的功率, 单位为瓦 (W);
- G_f —— 发动机驱动压缩机所消耗的燃油质量, 单位为千克 (kg);
- q_f —— 发动机所消耗燃油的低热值, 单位为焦耳每千克 (J/kg);

t ——稳态状态下的时间，单位为小时（h）。

非独立式发动机驱动型机组，用转矩转速仪直接测定压缩机轴的输入扭矩和转速，驱动压缩机所消耗的功率，按式（7）计算。

$$P_f = 6.28N \cdot n_a \dots\dots\dots (7)$$

式中：

N ——压缩机轴扭矩，单位为扭米（N·m）；

n_a ——压缩机的实测转速，单位为转每秒（r/s）。

对于电力（电机）驱动型机组，在机组制冷量性能试验时，依据 GB/T 5773 的规定测定压缩机驱动功率，并测定机组辅件耗电功率。

（2）辅件耗电功率

在机组制冷量性能试验时，同时测试机组蒸发器风机、冷凝器风机、电控系统等机组其他辅件的耗电功率，辅件耗电功率计算见式（8）所示：

$$P_a = \sum P_i \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P_a ——制冷机组辅件总耗电功率，单位为瓦（W）；

P_i ——制冷机组第 i 个辅件的耗电功率，单位为瓦（W）。

2.6 增加了替代制冷剂的相关要求

随着制冷剂替代进程和国际履约任务的推进，运输用制冷机组的制冷剂替代也是未来行业发展的主要方向。为了推动新型替代零 ODP、低 GWP 环保制冷剂的应用，预计未来 HFOs 等替代制冷剂在运输用制冷机组行业将推广，上述替代制冷剂很多一部分属于 A2L 类可燃性制冷剂，为了满足上述 A2L 类制冷剂的应用，标准在参考了 GB/T 9237-2017 中对于可燃性制冷剂的相关要求，对机组的警示标识、使用可燃性制冷剂的机组的安装、维修、保养、回收以及处置等方面做出规定。包括以下内容：

（1）当机组使用可燃性制冷剂时，应在标牌上进行标识，该标识应满足 GB 2894-2008 中所示的 2-2 警示符号“当心火灾”标志要求，标志的垂直高度应该不小于 10mm，并且无须着色。

（2）若机组使用了可燃性制冷剂，应在机组显著位置进行安全标识。应按照 GB 2894-2008 中所示的 2-2 警示符号“当心火灾”符号的颜色和样式在机组上进行永久性的标示，标示的符号的垂直高度应该不小于 30mm。

（3）对于使用可燃性制冷剂的机组的安装、维修、保养、回收以及处置除符合 GB 9237 中的要求外还应符合 GB 4706.32-2012 附录 DD 的要求。

2.7 重新确立了机组的性能限定值

标准中给出性能限定值可以规范各生产企业的产品性能，淘汰高能耗产品，确保行业的健康发展，提升产品绿色水平。GB/T 21145-2007 标准中给出了发动机驱动的机组的能效限定值，且该能效限定值经过 13 年的发展已有很大提升，需要根据行业现状进行调整；此外，标准仅针对发动机驱动的机组，并未给出以电机作为驱动能源的新能源汽车用机组的能效限定值，需要针对性的研究给出。

根据上述确定的机组制冷量和功率测试方法，通过行业大量的试验，并对试验结果进行统计分析，确定产品的能效限定值，如标准表 2 所示。

2.8 其他修订内容

- 增加了“制冷量”、“压缩机驱动功率”、“辅件耗电功率”和“总输入功率”的定义；
- 修改了独立式和非独立式分类方式；
- 修改了机组进行相关试验时，试验工况参数的读数允差要求；
- 修改了机组电气强度试验；
- 参考国际相关先进标准，修改了附录 A 单温区机组的制冷量试验方法；
- 根据修改了附录 B 振动测试方法。

3 解决的主要问题

本标准为第一次修订。GB/T 21145-2007《运输用制冷机组》已执行 10 年，相关的技术指标已不能适应产品发展，需要对相关内容进行修订，以适应行业发展。主要体现在：

(1) 原标准主要内容仅适用于以发动机驱动的汽车运输用制冷机组，无法适应随着新能源汽车、轨道交通冷链物流技术中对于电力（电机）驱动运输用制冷机组的发展需求，无法适应产品技术和市场的发展；

(2) 随着人民生活水平的不断提高和冷链物流技术的发展，运输用制冷机组的运行工况范围和运行条件有了很大的拓展，原标准中规定的运行考核工况和适用范围已经远远无法覆盖目前产品的适用范围，需要针对性的修订；

(3) 标准对于运输用制冷机组的性能测试方法仅仅针对单温区的机组，缺乏针对多温区机组的测试方法；

(4) HCFCs 制冷剂替代国际履约工作的推进，运输用制冷机组产品的制冷剂也面临着逐渐淘汰替代，采用新型替代制冷剂后，对机组的性能、安全和可靠性等提出新的要求，需要在标准修订中重点关注。

本标准基于上述技术需求，开展标准修订，将完善运输用制冷机组的分类体系、技术要求和试验方法，为机组研发和质量评定提供统一的评价要求和试验方法，推进运输用制冷机组产品的技术进步，实现我国标准引领产业发展、保证标准的前瞻性。

三、主要试验（或验证）情况

通过广泛深入的调研分析运输用制冷机组产品类型、应用技术现状和产品质量控制技术要求，应用分析、验证、研讨等手段，经过标准研制的各个程序，研究确定了本标准适用范围、产品分类、基本性能、结构要求、装配要求、安全要求、性能要求等运输用制冷机组属性要素在内的性能评价要求及对应的试验方法，并给出相应产品的能效限定值。

机组名义工况下性能系数的限定值将在征求意见后，依据行业反馈的情况，并结合国家压缩机制冷设备质量检验中心的验证数据，再行讨论后确定。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利和知识产权。

五、预期达到的社会效益、对产业的发展的作用等情况

标准的修订将为生鲜农产品流通行业的冷链物流装备提供技术方法和标准。通过标准的应用，将对生鲜农产品流通行业的发展起到规范和引领作用，实现生鲜农产品的保质减损和高效配送，保障生鲜农产品的质量安全，推动我国生鲜农产品物流行业的健康发展；通过标准的推广应用，还能够大大提升生鲜农产品保鲜质量，减少损失，从配送阶段降低生鲜农产品的损耗，延长产品货架期，增强国内外市场竞争力；标准的应用，还将通过降低果蔬腐烂率、控制二次污染等，产生明显的生态效益。

六、与国际、国外对比情况

目前国际上，美国 AHRI 有 AHRI 1110-2013 Performance Rating of Mechanical Transport Refrigeration Units 是针对运输用制冷机组产品的，该标准仅提出了运输用制冷机组的标定和试验方法，产品也仅适应于单温区运输机组，无法适应我国运输用制冷机组产品的产品发展。本标准研究过程中确定的各类标准评价指标和试验方法经过了充分调研和系统性论证。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准在冷冻空调设备技术标准体系中属于“终端类产品标准”中“冷冻冷藏设备”类。
本标准与现行的法律、法规、规章、强制性国家标准以及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准作为推荐性国家标准发布。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准自批准发布后六个月实施，便于组织相关制冷空调企业或制冷试验装置生产企业、用户及维护单位进行理解、消化和吸收。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为第一次修订。

十二、其他应予说明的事项

无其他需要说明的事项。