

使用可燃制冷剂空调的安全标准 最新要求

制冷及空调检测中心 蔡宁

中国家用电器研究院
中家院（北京）检测认证有限公司

【目录】

背景

- 1.1 制冷剂替代情况
- 1.2 空调器制冷剂使用现状
- 1.3 相关标准

01

国标对可燃制冷剂空调的要求

- 2.1 标志和说明
- 2.2 结构
- 2.3 现行版与修订版的差异

02

03

IEC 60335-2-40:2018 最新要求

- 2.1 标志和说明
- 2.2 结构要求
- 2.3 制冷剂充注限值及通风要求
- 2.4 可阻止点燃A2L制冷剂的继电器和类似元件的最大允许开口
- 2.5 用于A2L制冷剂的热表面点燃温度试验方法
- 2.6 用于A2L制冷剂的制冷剂探测系统
- 2.7 制冷剂传感器位置确认
- 2.8 用于A2L制冷剂的阻焰外壳验证试验

01

背景

- 1.1 制冷剂替代情况
- 1.2 空调器制冷剂使用现状
- 1.3 相关标准

1、背景

1.1 制冷剂替代情况

(1) 《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》：于1987年颁布

通过逐步淘汰破坏臭氧层物质**氟氯烷烃（CFCs）**的使用来保护臭氧层和大气环境。

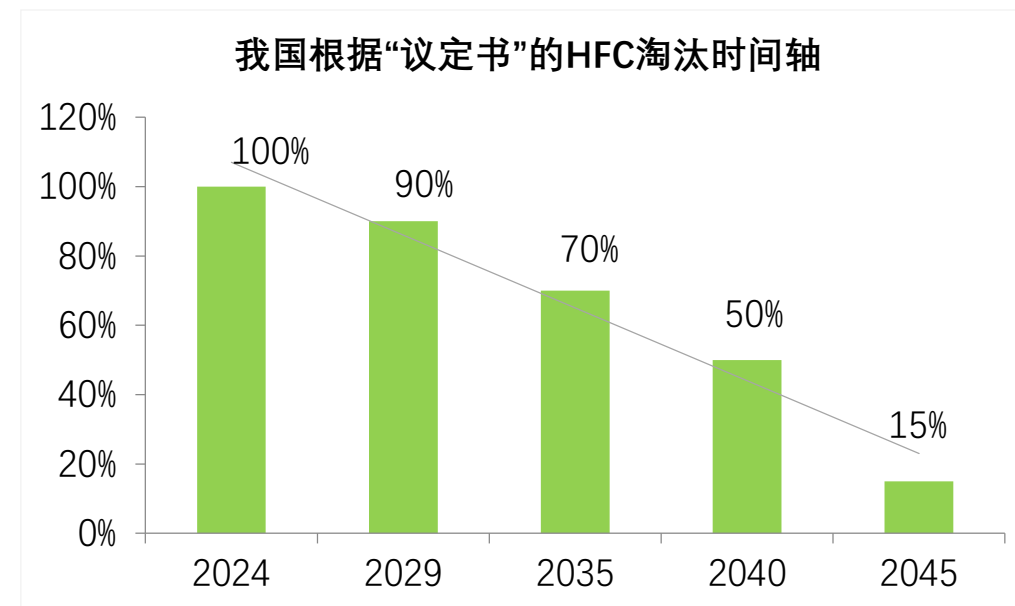
(2) 基加利修正案：2016年10月15日达成，将于2019年1月1日生效

发达国家将率先从2019年开始逐年削减**HFCs**的使用，至2036年在基线水平上削减85%。

包括我国在内的100多个发展中国家将从2024年冻结使用HFCs，并从2029年开始削减。

印度、伊朗、伊拉克和巴基斯坦等一些发展中国家从2028年开始停止使用HFCs。

需要削减的HFCs种类包括R134、**R134a**、R143、R245fa、R365mfc、R227ea、R236cb、R236ea、R236fa、R245ca、R43-10mee、**R32**、R125、R143a、R41、R152、R152a、R23以及**R404A**和**R410A**等混合物。



数据来源：BSRIA整理

1.1 制冷剂替代情况

(3) 欧盟含氟气体法案(F-Gas法案)

要求欧盟国家从2015年到2030年削减欧盟市场上79%的HFCs。

(4) 中国制冷剂替代（第一阶段：2011-2015年；第二阶段：2016-2020年）

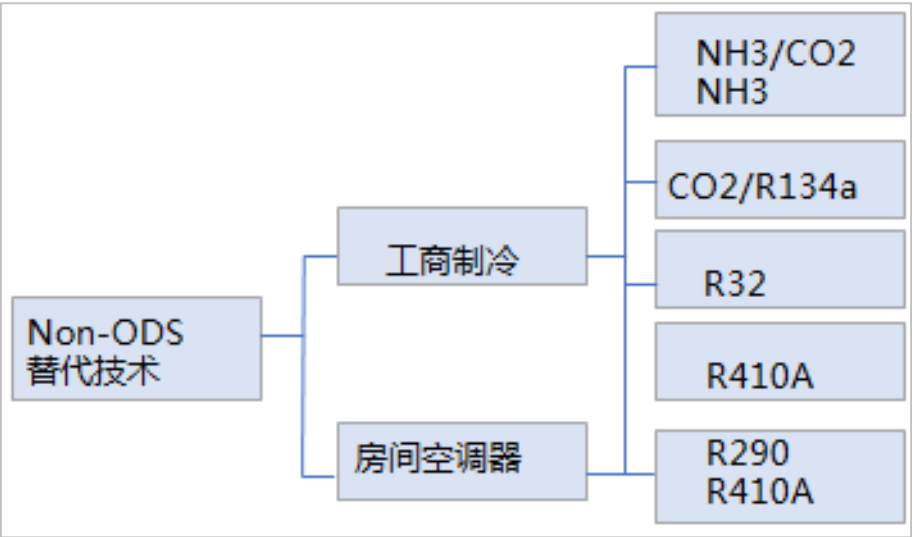


Fig.1 第一阶段制冷剂替代路线

工商制冷子行业	改造生产线条数	房间空调器行业	改造生产线条数
单元机	8	房间空调器	19 (R290)
多联机	2		8 (R410A)
工商用冷水机组	9	压缩机	4
户用冷水机组	4	合计	31
热水机	2		
压缩冷凝机	7		
压缩机	4		
合计	36		

Fig.2 第一阶段生产线改造计划

1.2 空调制冷剂使用现状

R290（丙烷）

- 主要用于家用空调、热泵、除湿机、窗机等
- 以格力、美的为代表的十多家空调整机及压缩机企业已经建立了R290空调的生产线，国家环保部门也在推广R290产品的市场化进程
- 制冷行业第二阶段淘汰任务中提出需改造不少于20条R290房间空调生产线，3条家用热泵生产线，3条R290压缩机生产线

等级：A3
ODP=0
GWP=20

R32

- 在商用空调和家用领域均有应用
- 国际社会对HFCs的控制，使R32的应用受到一定制约
- 在日本、印度、俄罗斯、西班牙、中国台湾等地区推广应用较多

等级：A2L
ODP=0
GWP=675

CO₂

- 主要应用于热泵热水器、汽车空调以及其他商用制冷设备
- 制冷行业第二阶段淘汰任务中提出需改造2条CO₂家用热泵热水器生产线
- 与氟利昂制冷技术相比，在欧洲使用二氧化碳制冷技术成本要高出25%至30%，在中国要高出15%。虽然国际对推广二氧化碳制冷剂的呼声很高，但国内进展缓慢

等级：A1
ODP=0
GWP=1

1.3 相关标准

标准号	标准名称	涉及内容	对应国际标准	备注
GB 4706.32-2012	《家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求》	主要指终端产品应满足的安全要求	IEC 60335-2-40 4.2Ed(2005)	最新版本： IEC 60335-2-40 6.0Ed (2018版)
GB 4706.32-201X (修订版)			IEC 60335-2-40 5.0Ed (2016版)	
GB3836.8-2014	《爆炸性环境 第8部分: 由“n”型保护的的设备》	器具所用元件的安全要求	IEC 60079-15 (2010)	
GB 9237-2017	《制冷系统及热泵 安全与环境要求》	制冷系统的安全	ISO 5149 (2014)	2018年7月1日正式实施
QB/T 4975-2016	《使用可燃性制冷剂生产家用和类似用途房间空调器安全技术规范》	生产线设计、制造、改造；日常生产、管理。		2017年4月1日已实施
QB/T 4976-2016	《使用可燃性制冷剂房间空调器产品运输的特殊要求》	出厂后，在陆路运输时所涉及的安全要求。		2017年4月1日已实施
正在制订	《制冷系统及热泵 组件和接头的密闭性限制条件》	制冷系统组件和接头的密闭性测试方法和要求	ISO 14903-2017	国标4706.32修订版中引入

02

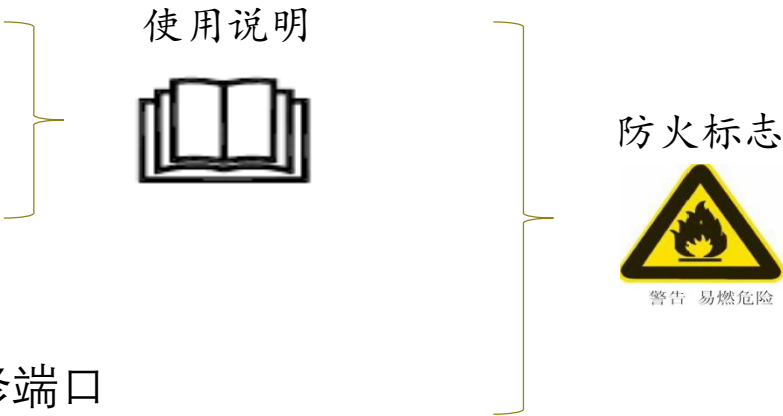
国标对可燃制冷剂空调的要求

- 2.1 标志和说明
- 2.2 结构
- 2.3 现行版与修订版的差异

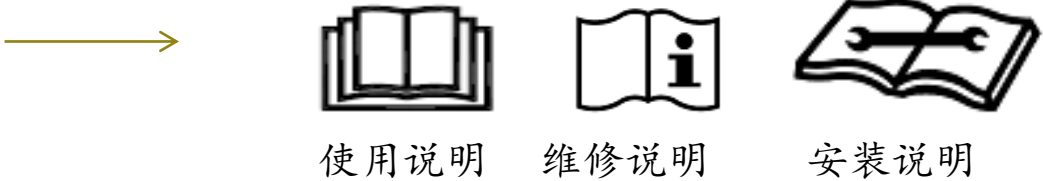
2.1 标志和说明

(1) 标志位置：

- 用于维护或维修的接入部件
- 准备销售或安装的器具
- 充注了制冷剂的器具的包装
- 器具铭牌靠近制冷剂说明和充注量处
- 易触及却不可见的维修端口或可见维修端口



—— 显著位置



(2) 标志示例:



(3) 说明书特殊要求:

对使用可燃制冷剂的器具，应以分别或组合成册的方式提供安装说明书、维修说明书和使用说明书，并包括附录 D D 中的相关信息：

- 标识
- 手册信息
- 维修信息
- 密封元件维修
- 本质安全型元件的维修
- 线缆、可燃制冷剂检查
- 泄漏测试方法
- 移除和抽真空
- 充注制冷剂程序
- 报废及回收

2.2 结构

(1) 管路防护要求：

若使用可燃制冷剂，制冷剂管路应予以保护或密闭，以防止机械损伤。产品在搬运或使用期间移动时，管路应受到保护。管路需置于外壳内，以保护其免受机械损伤。

(2) 管路连接要求：

若使用可燃制冷剂，低熔点的钎焊合金，如铅/锡合金，不能用于管路连接。

(3) 制冷剂充注量要求：

所有制冷系统中使用的可燃制冷剂的总量不能超过附录GG中规定的数值m3。

(4) 可能成为点火源的电气元件的特殊要求：

使用可燃制冷剂的器具结构上应能保证泄漏的制冷剂不会流入或滞留在器具内引起火灾或爆炸危险的区域，该区域安装着可能成为点火源并且在正常状态或制冷剂发生泄漏时均可能工作的电气元件。

含可燃气体小于0.5g的单个元件，如温控器，其自身发生泄漏不认为会引起火灾或爆炸的危险。

电气元件应满足的条件：

- ①元件自身满足防爆要求；
- ②进行附录FF试验，电气元件周围的制冷剂浓度满足要求；
- ③电气元件安装在符合GB3836.8的壳体内。

(5) 可能接触泄漏的可燃制冷剂表面温度要求：

对可能接触泄漏的可燃制冷剂的表面的温度不应过高，其温度应低于制冷剂自燃温度减100K，典型制冷剂燃点温度值见附录BB。

制冷剂	自燃温度℃	表面最高温度℃
R290	470	370
R32	648	548

(6) 制冷剂的充注方式及管路防护要求：

对使用可燃制冷剂的器具，要求在制造场所或制造商推荐的区域充注制冷剂。

对需要现场充注制冷剂的部件，若安装时需要进行焊接，则装运时不应充入制冷剂。

安装时，制冷系统各部分之间进行连接，如果已有一部分已经充注了制冷剂，需要满足下述要求：

— 焊接或机械连接应该在打开阀门使制冷剂在系统各部分间流通前完成。应配有一个真空阀，以便将连接管路和/或未充注制冷剂的部分抽真空。

— **重复使用的机械连接接头及喇叭口接口不允许放在器具的室内部分。**

— 制冷管道应该保护或封装起来，以防受损。

正常使用中能取下的易弯制冷连接件，如室内外的连接管，应适当防护，以防止受到机械损伤。

2.3 现行标准与国标修订版针对可燃制冷剂的差异

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
定义	可燃制冷剂 flammable refrigerant 按照ANSI/ASHRAE 34:2001[ISO 817]的分类, 等级为A2或A3的制冷剂。	可燃制冷剂 flammable refrigerant 按照ISO817或 ASHRAE 34的分类, 等级为A2L、A2或A3的制冷剂。	增加了A2L

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
标志和说明	<p>如果使用可燃制冷剂，应在器具上显著部位标示提示阅读使用说明、维修说明和安装说明的标志(ISO7000中的标志0790、1641和1659)，以便于人们了解相关的信息。标志的垂直高度应不小于10mm。</p>	<p>如果使用可燃制冷剂，应在器具上显著部位标示提示阅读使用说明、操作说明和安装说明的标志(即ISO 7000-0790 (2004-01), ISO-7000-1641 (2004-01) 和 ISO 7000-1659 (2004-01)标志)，以便于人们了解相关的信息。标志的垂直高度应不小于10mm。</p>	符号表示变化
	<p>增加的警告标志(防火标志)：GB 2894—2008 在器具铭牌上和充注量处标志的垂直高度应不小于10mm，背景为白色。</p> 	<p>增加的警告标志(防火标志)：ISO 7010 W021)应在器具铭牌上和充注量处标志的垂直高度应不小于10mm，背景为白色。过程中，移开可拆卸部件后标志应可见。</p> 	可燃制冷剂符号变化

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
机械强度	无	<p>使用可燃制冷剂的器具应能经受住运输期间的振动。器具在其最终运输包装下进行测试并按照ASTM D4728-01的要求进行随机振动试验。</p> <p>用以下内容考核符合性：</p> <p>——用等效灵敏度3g/year制冷剂检漏设备不应有泄漏；</p> <p>——可以在器具充注非可燃制冷剂或非危险气体下进行测试；</p> <p>——除制冷管路外其他部件的损伤是允许的。</p>	新增

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
结构	—重复使用的机械连接接头及喇叭口接口不允许放在器具的室内部分。	—室内部分使用的机械连接应符合ISO14903要求；当机械连接在室内部分重复使用时，应更换新的密封部件；当喇叭口接口在室内部分重复使用时，应重新制作喇叭口部件。	引入 ISO14903 的要求
泄漏模拟测试	试验房间的最小体积： $V = (4 \times m) / LFL$	试验房间的最小体积： $V = (15 \times m) / LFL$	房间最小体积计算公式调整

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
器具安装高度	落地式： 0.6m 挂壁式： 1.8m 窗式： 1.0m 吊顶式： 2.2m	安装高度参考值如下： 便携式和落地式： $h_{inst}=0.0m$ 窗式： $h_{inst}=1.0m$ 挂壁式： $h_{inst}=1.8m$ 吊顶式： $h_{inst}=2.2m$	安装高度由规定值改为参考值

• 充注限值示例说明：

房间面积：15m²， 制冷剂： R290

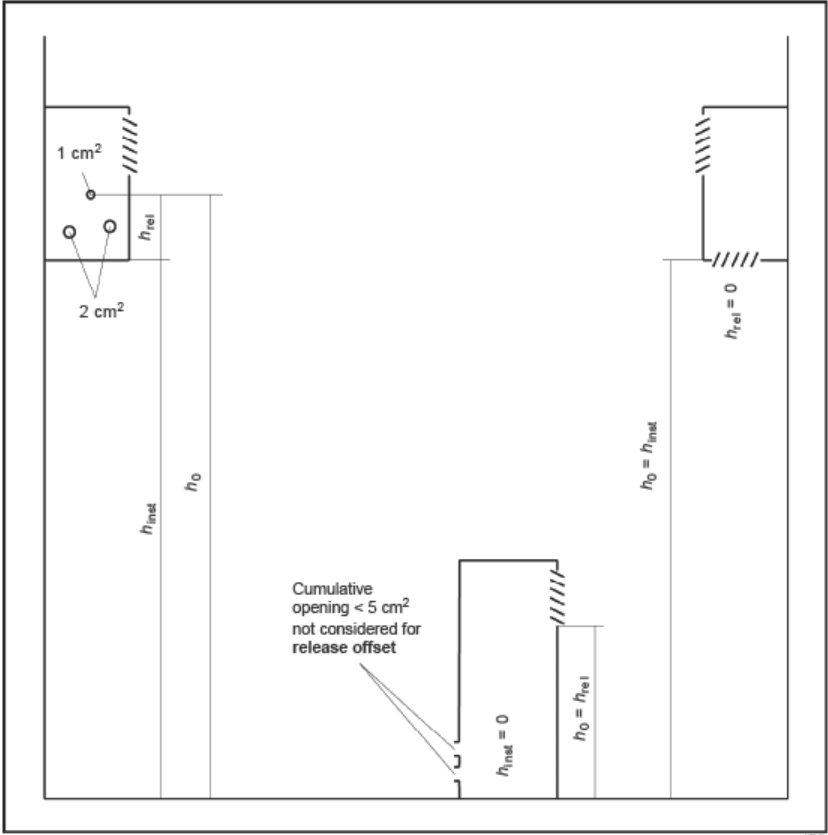
• 非通风区域制冷剂的充注限值公式

$$m_{\max}=2.5\times(\text{LFL})^{(5/4)} \times h_0 \times (A)^{1/2}$$

$$h_0=(h_{\text{inst}}+h_{\text{rel}})$$

项目	GB4706.32-2012	GB4706.32-201X	差异说明
充注限值	挂壁式： 1.8m (规定高度) $m_{\max}=0.292\text{kg}$	$h_{\text{inst}}=2.2\text{m}$ (制造商宣称值) $m_{\max}=0.357\text{kg}$	安装高度的变化 使制冷剂充注限值提高22.3%

▣ 安装高度可采用制造商宣称值









计算A_{min}和m_{max}时相应的高度h_{inst}， h₀和h_{rel}

03

IEC 60335-2-40:2018 最新要求

- 3.1 标志和说明
- 3.2 结构要求
- 3.3 制冷剂充注限值及通风要求
- 3.4 可阻止点燃A2L制冷剂的继电器和类似元件的最大允许开口
- 3.5 用于A2L制冷剂的热表面点燃温度试验方法
- 3.6 用于A2L制冷剂的制冷剂探测系统
- 3.7 制冷剂传感器位置确认
- 3.8 用于A2L制冷剂的阻焰外壳验证试验

3. 1标志和说明

	[symbol ISO 7010-W021 (2011-05)]	warning; flammable materials
	[symbol ISO 7000-1659 (2004-01)]	service indicator; read technical manual
	A2L symbol	warning; low burning velocity material
	[symbol ISO 7000-1701 (2004-01)]	pressure
	[symbol IEC 60417-6040 (2010-08)]	ultraviolet radiation, instructional safeguard
	[symbol ISO 7000-1641 (2004-01)]	operator's manual; operating instructions

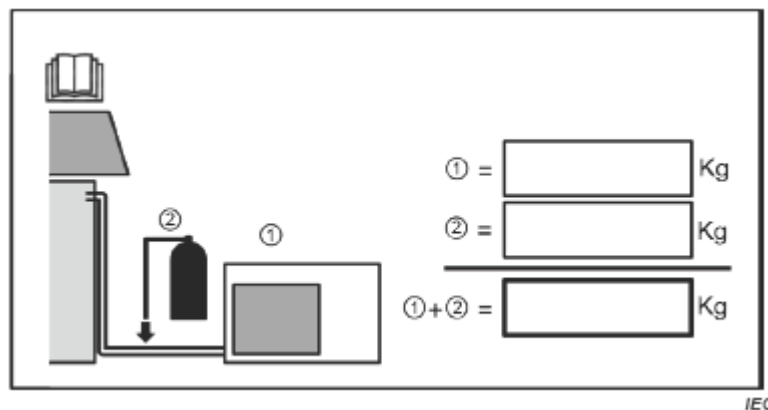
- 使用可燃制冷剂的器具依靠合适的制冷剂系统探测功能而具有安全特性时，说明书或器具标志应包含以下内容：

本器具装有安全作用的制冷剂泄漏探测器。为了确保其有效，除了维修服务时，器具安装后的任何时间都应供电。

- 安全特性依靠适当的通风功能的可燃制冷剂器具，说明书或器具标志应包含如下内容：

本器具配有电动安全措施。除了维修服务时，安装后任何时间必须通电以确保其有效。

- 制冷系统安装完成之后，需要补充制冷剂充注，制造商应提供制冷剂总充注量的标签提示：



例1：器具预充部件的制冷剂充注量
例2：安装时加入的制冷剂充注量

➤ 火焰标志要求:

- ❑ 充注了制冷剂的器具的包装上 (A2L制冷剂充注量不超过 m_1 的器具除外)
- ❑ 能看到的用于销售展示的器具 (使用A2L制冷剂的器具不适用)

注: 不是工厂密封单一封装单元的器具, 所有室内和室外单元都要求有标志!

➤ 满足下述所有条件的制冷系统认为是**增强密封制冷系统**：

❑ 压缩机、压力释放装置或制冷系统中的压力容器型制冷剂承载元件应安装在被占用空间外的位置

压力容器型制冷剂承载元件不包括：压缩机；泵；密封吸收系统的元件；蒸发器（每-独立部分不超过15L制冷剂承载容积）；盘管、管道及其阀门、结构和配件；控制装置；承压元件（含表头）

❑ 制冷剂分配组件应符合本标准所有适用的要求

❑ 除了直接连接室内单元和制冷剂管路的现场制作接头或工厂制作的符合ISO14903的接头，制冷系统在室内只能使用永久连接接头

❑ 室内单元的制冷剂承载部件应在运动部件（如风扇，传送带）突变失效时受到保护防止损坏

❑ 系统安装应考虑设备管路占用的空间，使得其以可以防止意外损坏的方式安装

- ❑ 制冷系统的每个室内单元应在工厂进行气密性测试，检测设备在最大运行压力0.25倍的压力条件下具有3g/year或以上的检测能力。检测无泄漏。
- ❑ 当用一个低通滤波器在200Hz测量时，不允许在正常运行时制冷剂常在部件所占空间的振动超过0.30G RMS
- ❑ 在冷冻的情况下室内热交换器应受到保护防止损坏
- ❑ 正常运行时，风扇的最大转速应不低于风轮制造商规定的最大允许转速的90%

3.2 结构要求

- 含有A2L制冷剂且连接制冷系统元件的制冷管路不认为是制冷剂泄漏的源：
 - ❑ 无连接接口
 - ❑ 外部管径没有中心弯曲半径小于2.5倍的弯曲
 - ❑ 在正常运行、服务或维护时对潜在危险进行的防护

➤ 所有可能成为点火源并且在正常状态下或发生泄漏的情况下均可能工作的电气元件，应至少满足下列条件之一：

01

应位于一个外壳内，其符合IEC 60079-15:2010中对适用于II A类气体或所用制冷剂的限制呼吸外壳的要求。

02

不安装在由附录FF的试验所验证的会造成潜在的可燃混合气体聚集的区域。电气元件不安装在由附录FF的试验所验证的会造成潜在的可燃混合气体聚集的此类区域内。

03

对A2L制冷剂，安装在一个符合附录NN的外壳内。

➤ 点火源：

正常使用中产生火花、电弧或热表面的电气元件。如有刷电机、灯开关、继电器、电加热器或紫外灯（UV灯）。

◆ 对A2L制冷剂，不认为是点火源的情况：

1) 符合附录JJ的电气元件

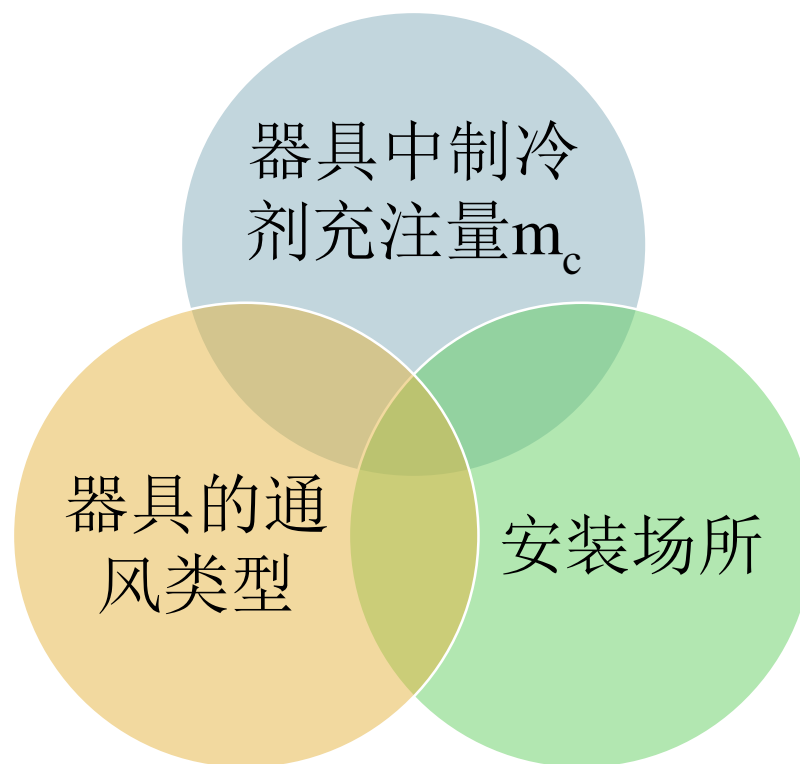
2) 符合下述所有要求的开关装置

{ 按照24章装置可以进行100000周期
 开关电负荷 L_e （单位：kVA）小于等于 $L_e = 5 \times (6.7/S_u)^4$ 或 $L_e = 2.5 \times (6.7/S_u)^4$

3) 在正常使用是可以产生电弧可能点燃使用的制冷剂的静电空气净化器和类似装置，其安装在器具的空气流或连接管路，如果气流被检测且当空气气流低于附录GG规定的最小空气流时其电弧能量源被关闭。

3.3 制冷剂充注限值及通风要求

使用可燃制冷剂时，器具的安装空间和/或通风要求，根据如下内容确定：



m1,m2,m3的定义公式:	针对A2L制冷剂:
$m1=4\times LFL$ $m2=26\times LFL$ $m3=130\times LFL$	$m1=6\times LFL$ $m2=52\times LFL$ $m3=260\times LFL$
注: 对于带有多个制冷系统的A2L制冷剂器具, 按具有最大充注量的制冷系统来确定mc(不用累加)	

➤ 使用A2L制冷剂的非通风房间面积

- 房间面积：器具所安装空间的墙壁、隔板或门投影到地板所包围的房间面积。
- 通过吊顶、管道或类似连接的空间连接不认为是单一空间。
- 安装高度高于1.6m的单元，并符合GG.2.2，被不高于1.6m的隔断墙分割的空间认为是一个单一空间。
- 固定式器具，相同楼层的房间且通过一个开放的通道连接的房间，如果这些通道符合下面所有要求，则确定符合Amin时，这些空间认为是单一房间：
 - ❑ 一个永久的开口
 - ❑ 延伸到地板
 - ❑ 打算让人们步行通过
- 对固定式器具，如果同一楼层相邻房间面积，通过所占空间墙壁和/或门上的永久开口包括墙壁与地板间的间隙的连接，如果符合以下所有要求，在确定符合Amin时可以认为是一个单一房间
 - ❑ 符合附录GG.1.4要求的开口
 - ❑ 自然通风的最小开口面积Anvmin应不低于：

$$Anv_{min} = \frac{m_c - m_{max}}{LFL \times 104} \times \sqrt{\frac{A}{g \times m_{max}} \times \frac{M}{M - 29}}$$

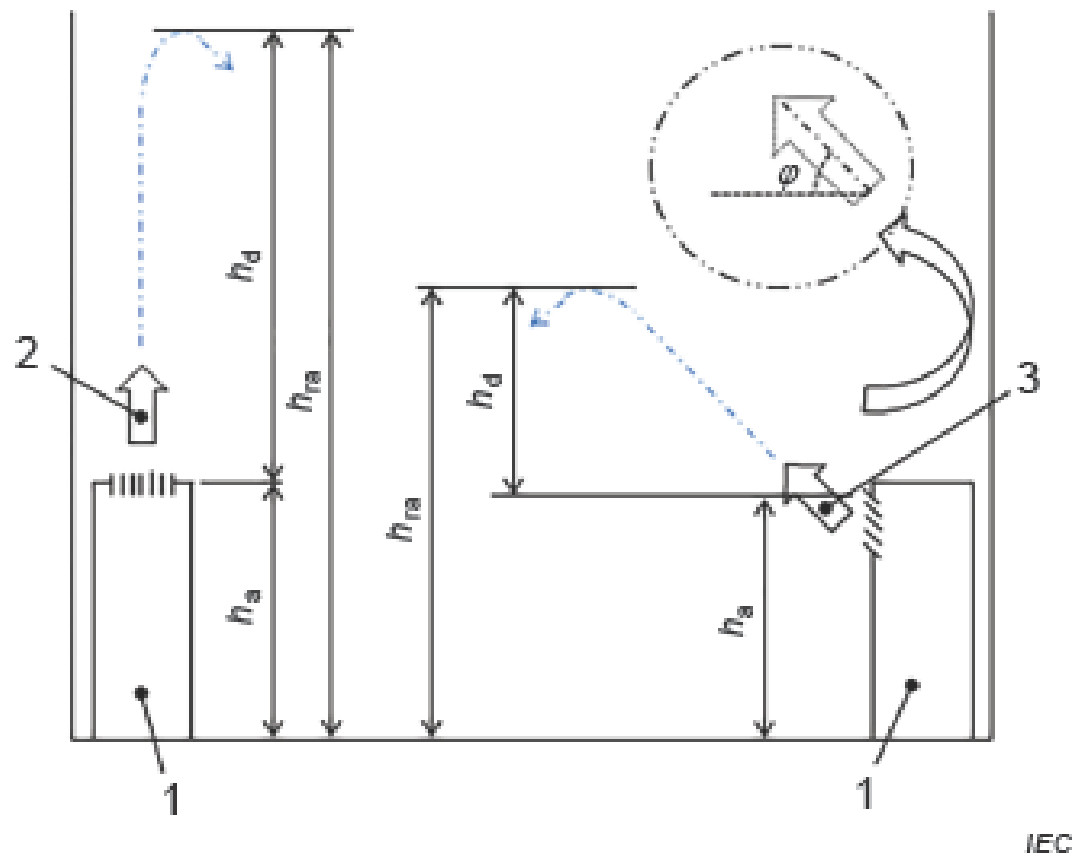
➤ 连接房间和自然通风的开口条件

- ❑ 高于地面300mm的任何开口面积在确定是否符合 A_{nvmin} 时不应考虑。
- ❑ 至少50%要求的开口面积 A_{nvmin} 应地面之上200mm以下。
- ❑ 当单元安装不超过地面100mm时，底部最低开口不应高于释放点。
- ❑ 开口是永久开口不应被关闭。
- ❑ 连接房间的墙壁和地面的开口的高度不应低于20mm。
- ❑ 应提供第一个较高开口。用于 A_{nvmin} 的第二个开口的整个尺寸不应低于50%最小开口面积且应至少高于地面1.5m。

➤ 使用A2L制冷剂且带有循环气流的器具

$$m_{\max} = 0.75 \times \text{LFL} \times h_{\text{ra}} \times A$$


$$h_{\text{ra}} = (h_{\text{a}} + h_{\text{d}})$$



3.4 可阻止点燃A2L制冷剂的继电器和类似元件的最大允许开口

继电器和类似元件的有效直径： $d_{\text{eff}} = 4 \times \frac{A}{S}$

继电器和类似元件不被认为是一个潜在的点火源的条件： $d_{\text{eff}} < 22,3 \times S_u^{-1,09} \text{ (in mm)} \leq 7 \text{ mm}$

 **型式试验：** 确定最大燃烧速度时的制冷剂浓度，
没有火焰从继电器内的任何触点向继电器外传播
有效直径限值是12mm

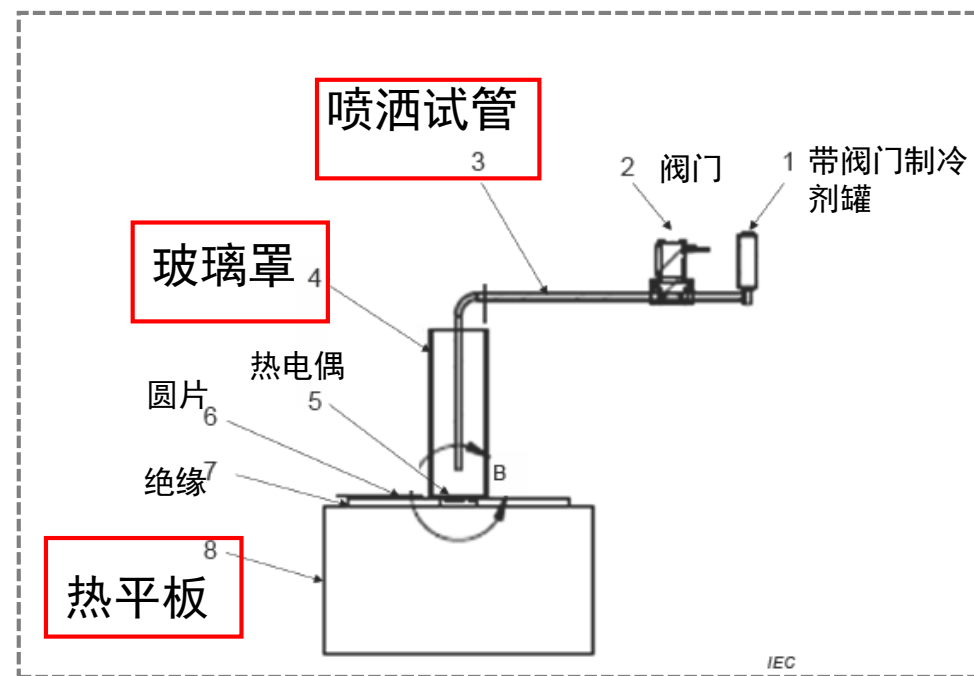
通过视检或以下试验来检查符合性：在触点位置，制冷剂被点燃。如果继电器或类似元件外壳外部发生任何传播应被观察到。

在同一样品上试验重复进行5次，且继电器或类似元件外部无传播。

3.5 用于A2L制冷剂的热表面点燃温度试验方法

试验装置：

- 热平板：1) 不锈钢制
2) 直径：50mm±2.0mm
3) 厚度：6mm-0/+2.0mm
4) 表面纹理：ISO1302
- 绝缘：承受815℃的陶瓷纤维热绝缘
- 喷淋系统：1) 长度：250mm±5.0mm
2) 外径：≤4mm
3) 内径：1.6mm±0.1mm
- 玻璃罩：1) 硼硅酸盐或石英玻璃
2) 长度：230mm±10mm
3) 内径：70mm±10mm
4) 绝缘的底部和顶部之间有一个2.5mm±0.2mm的间隙



试验装置示意图

试验流程：

- 试验环境条件： 干球温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ； 相对湿度： $50\%\text{RH} \pm 5\%\text{RH}$
- 烟囱和热平板在试验过程中建立恒定的空气流速
- 热表面上最佳点燃溶度（近化学计量比）
- 运行步骤：
 - 1) 热平板加热至温度稳定5min（设定温度 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ）；
 - 2) 喷洒制冷剂在热平面中心；
 - 3) 观察并记录释放后3min是否发生点燃（火焰）；
 - 4) 运行间应允许最小5min的通风来清除外部反应产生物和残余的制冷剂；
 - 5) 在每个被测试温度下进行最小5min的重复测试；
 - 6) 如果点燃发生，则热平板温度被设定在 800°C ，然后以 20°C 的增量降低直至5次重复测试时无点火产生。该温度被记录作为热表面点燃温度（HSIT）。

3.6 用于A2L制冷剂的制冷剂探测系统



3.7 制冷剂传感器位置确认

毛细管模拟泄漏

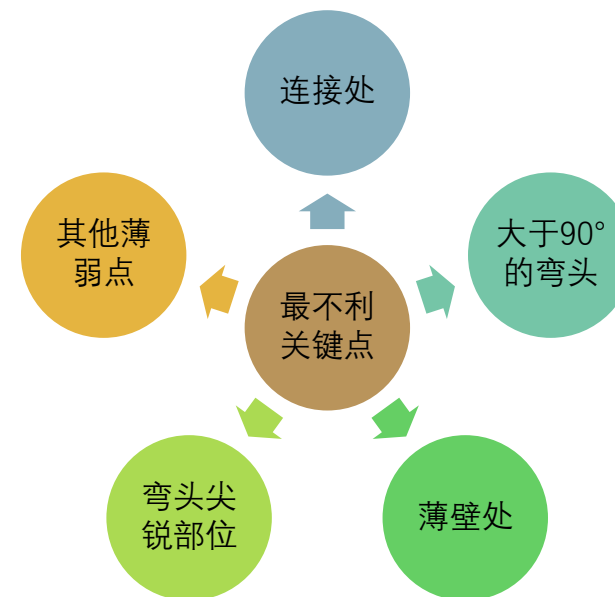
模拟泄漏时间: 1min

模拟泄漏量: $m_r = 12,5 \times LFL \times V_{free}$

最小房间面积A: $A_t > 1,2 \times m_r / (LFL \times h_t)$

快速响应气体浓度, 至少10s内90%响应 (时间常数4.3s)

气体浓度20%~30: $\pm 1\%$ 精度



需要注意: 毛细管的安装不能对测试结果产生不适当的影响且器具结构不应应对测试结果产生不适当影响。

3.8 用于A2L制冷剂的阻焰外壳验证试验

- 试验可以在单一样品外壳或完整的器具上进行。试验进行1次。
- 打算最终用在器具上的代表性的电气元件和相应的接线应安装在外壳上。外壳按照其在器具上的位置放置且所有结构需确保无火焰传播。
- 如果面板或类似方式打算在常规服务和保养时打开或移除，则在进行试验前，面板应拆除或打开10次。
- 试验前应按照16.3进行电气强度试验。
- 测试环境工况为干球32℃，露点温度27℃。
- 外壳应用打算使用的当量化学混合气体填充和包围。
- 外壳内的可燃制冷剂蒸气应在最不利位置被点燃。点火应使用15kV电源产生一个30mA火花以 0.3 ± 0.05 s或等效穿过一个6.4mm间隙。外壳内部制冷剂的点燃通过目测或其他方法确认。
- 试验后按照16.3进行电气强度试验。
- 如果以下所有条件均满足则认为外壳符合要求：
 - ❑ 外壳外部没有制冷剂蒸气被点燃
 - ❑ 外壳外部没有可见的损坏
 - ❑ 试验后电气强度符合本标准要求
 - ❑ 外壳应能承受所有预期的安全功能，包括对危险带电部件和进水的防护

Thanks
谢谢

科技引领 · 融合发展
提质增效 · 共建共享