

中华人民共和国国家标准

GB 44015—2024

冷库(箱)和压缩冷凝机组能效限定值及 能效等级

Minimum allowable of energy efficiency and energy efficiency grades for
cold store (box) and refrigerant compressor condensing unit

2024-04-29 发布

2025-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 能效等级 2

5 技术要求 3

6 试验方法 4

7 标准的实施 9

附录 A（规范性） 冷却设备负荷的计算 10

参考文献 16

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家标准化管理委员会提出并归口。

冷库(箱)和压缩冷凝机组能效限定值及能效等级

1 范围

本文件规定了冷库(箱)和压缩冷凝机组的能效等级、技术要求、试验方法和标准的实施。

本文件适用于装配式冷库(箱)、土建式冷库和由电机驱动的容积式制冷压缩冷凝机组。

本文件不适用于以下产品或制冷系统：

- a) 非电动机-压缩机驱动的制冷系统；
- b) 冷藏集装箱、制冷集装箱和带或不带制冷系统的运输用冷藏箱、冷冻箱；
- c) 现场组装的制冷压缩冷凝机组；
- d) 蒸发冷凝式制冷压缩冷凝机组。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 18517 制冷术语

GB/T 21363 容积式制冷压缩冷凝机组

GB/T 30103.1—2013 冷库热工性能试验方法 第1部分：温度和湿度检测

GB 50072 冷库设计标准

3 术语和定义

GB/T 18517、GB/T 21363 和 GB 50072 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

容积式压缩冷凝机组能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for positive displacement refrigerant compressor condensing unit

在额定工况条件下制冷运行时，容积式制冷压缩冷凝机组性能系数的最小允许值。

3.2

冷库(箱)能效限定值 maximum allowable values of energy efficiency for cold store

在额定工况条件下，冷库(箱)的能效指数最大允许值。

3.3

冷库(箱)能效指数 actual energy efficiency index for cold store

η

环境温度为 25℃时，或折算到环境温度为 25℃时的额定工况条件下，冷库(箱)24 h 的耗电量(TEC₂₅)与基准耗电量(TEC_{max})之比。

3.4

压缩冷凝机组输入功率 unit input power

在名义工况下,压缩冷凝机组的压缩机输入功率与机组中其他辅助设备(如风机、电动机等)所有输入功率之和。

3.5

稳定运行状态 state of stable operation

冷库内温度平均值无持续下降或持续上升的状态。在运行中制冷压缩机有自动开、停机,冷库内温度呈周期性变化时,相隔 6 h 以上的若干自动开、停机整周期对应时间点上的冷库内对应温度点的平均温度的单向波动差值不大于 0.5 ℃;当制冷压缩机持续开机运行时,若干 6 h 以上的整周期时间点上的冷库内对应温度点的平均温度的单向波动差值不大于 0.5 ℃时的状态。

注:因除霜引起温度波动的时间点除外。

4 能效等级

4.1 冷库(箱)能效等级

依据冷库(箱)的能效指数的大小,依次分为 1、2、3 三个等级,1 级表示能源效率最高。各能效等级实测能效指数值应不大于表 1 的规定值。

表 1 冷库(箱)能效等级指标值

能效等级	冷库(箱)能效指数
1 级	30 %
2 级	45 %
3 级	100 %

4.2 容积式压缩冷凝机组能效等级

依据容积式压缩冷凝机组能效等级依据性能系数大小,依次分为 1、2、3 三个等级,1 级表示能源效率最高。各能效等级实测性能系数值应不小于表 2 规定。

表 2 容积式制冷压缩冷凝机组能效等级指标

机组输入功率(CC)/kW			能效等级		
			1 级	2 级	3 级
			制冷性能系数 COP _c /(W/W)	制冷性能系数 COP _c /(W/W)	制冷性能系数 COP _c /(W/W)
风冷式	高温型	≤12	3.36	3.08	2.80
		>12~32	3.48	3.19	2.90
		>32	3.60	3.30	3.00
	中温型	≤3	2.40	2.20	1.80
		>3~12	2.64	2.42	2.20
		>12~32	2.64	2.42	2.20
		>32	2.64	2.42	2.20
	低温型	≤5	1.60	1.40	1.30
		>5~12	1.70	1.50	1.40
		>12~32	1.80	1.65	1.50
		>32	1.92	1.76	1.60
	水冷式	高温型	≤12	5.04	4.62
>12~32			5.28	4.84	4.40
>32			5.52	5.06	4.60
中温型		≤3	—	—	—
		>3~12	3.36	3.08	2.80
		>12~32	3.48	3.19	2.90
		>32	3.60	3.30	3.00
低温型		≤12	2.04	1.87	1.70
		>12~32	2.16	1.98	1.80
		>32	2.28	2.09	1.90
注 1：本表中的机组类型分类规定见 GB/T 21363。					
注 2：表中“—”表示暂无要求。					

5 技术要求

5.1 冷库(箱)能效限定值

冷库(箱)的能效限定值为表 1 中能效等级 3 级指标值。

5.2 容积式压缩冷凝机组能效限定值

容积式压缩冷凝机组的能效限定值为表 2 中能效等级 3 级指标值。

5.3 标注允许偏差

5.3.1 冷库(箱)标注允许偏差

冷库(箱)的能效指数实测值不应大于所标注额定值的 105%。

冷库(箱)耗电量的实测值(TEC)不应大于标注额定值的 110%。

5.3.2 容积式压缩冷凝机组标注允许偏差

容积式压缩冷凝机组的性能系数实测值不应小于标注值的 95%，其实测值和标注值保留 2 位小数。

容积式压缩冷凝机组输入功率的实测值不应大于标注值的 110%。

6 试验方法

6.1 冷库(箱)

6.1.1 通则

对于能在试验室条件下进行试验或位于恒定环境条件下的冷库(箱)，采用 6.1.2 的试验方法。

对于其他不能在试验室中进行试验的或位于非恒定环境条件下(如室外)的各类型冷库采用 6.1.3 的试验方法。

注：恒定环境条件一般是位于室内的，一定周期内温度变化较小的环境。

对于新建冷库，库外环境温度在满足 6.1.2 或 6.1.3 规定的温度条件时，应进行空库测试。

本文件所指的额定温度均应采用设计温度(参考设计文件)，当设计温度为范围值时，应取其上限和下限的平均值为额定温度。其他未特别说明的温度采用实测温度。

新建冷库进行空库能耗试验时，应按照冷库间室的额定温度设定运行温度，冷库间室的库内实测 24 h 平均温度与冷库间室的额定温度的差值不应大于 2℃。

6.1.2 试验室或恒定环境条件的现场运行测试方法

6.1.2.1 仪器仪表要求

测试用仪器仪表的使用应按照 GB/T 30103.1 中的相关要求进行。

6.1.2.2 温度测量的方法

能效的额定工况为 25℃，库体外环境温度和冷凝器环境温度应为 25℃±2℃，测试后按照本文件 6.1.4 规定的计算方法折算到 25℃。

试验前，库门和库内灯应保持关闭状态，待库内温度达到稳定运行状态后进行测试。自然环境条件下试验应至少持续 48 h，进行温度测量时，应有稳定的天气和温度条件，天气条件及周期性的温度变化应满足如下条件：

——2 个相邻的制冷周期的冷库库内平均温度(库内工作温度)差值不大于 2℃；

——2 个相邻的 24 h 周期库外环境温度的平均温度差值不大于 3℃；

——2 个相邻的 24 h 周期库外风速差别不大于 2 级。

库内达到稳定状态后，冷库(箱)按照 GB/T 30103.1—2013 的 6.1.1～6.1.3 的要求进行温度测

试,按照 GB/T 30103.1—2013 的 6.1.5 的要求得到库内工作温度。对于多次除霜的情况,整个试验运行周期为最接近 24 h 的除霜间隔的整倍数时间,试验过程中应至少有一次完整的自动除霜过程,对于多次除霜的间隔应调整为能被 24 h 整除或接近整除。当测试周期不是 24 h 时,应将数据计算结果折算为 24 h 的数据。

6.1.2.3 库外环境温度

库外温度测点根据图 1 布置,待温度稳定后,根据测量结果,计算试验期间库外工作温度 T_{il} 。

单位为毫米

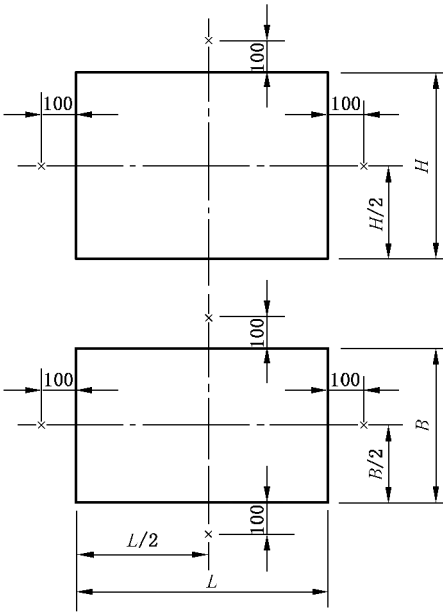


图 1 库外温度点布置示意图

6.1.2.4 冷库压缩冷凝机组环境温度

测点应布置在距离冷凝器进风口截面 100 mm~150 mm 处,至少均布 4 点,求取试验期间的平均值。

6.1.2.5 耗电量

测试冷库整体的耗电量(TEC)。

6.1.2.6 冷库容积

按冷库图纸尺寸或现场测量尺寸进行计算得出。

6.1.3 冷库(箱)的长期现场运行测试方法

6.1.3.1 仪器仪表要求

测试所用仪器仪表应按照 GB/T 30103.1 中的要求进行使用。

6.1.3.2 温度测量的方法

能效额定工况为 25 ℃,按本节规定的方法测试时,库体外环境温度和冷凝器环境温度为实际使用

状态,在实际使用状态下进行测试后,按照本文件 6.1.4 规定的方法折算到 25℃。

应有冷库库内温度自动记录系统,记录间隔不应大于 20 min,应至少保留一个月以上的数据,该记录数据可以从记录仪中导出。库内温度测点应能表征该冷间的平均温度,应进行计量或现场比对修正。

实际选取一年中较热月(库外环境 24 h 平均温度为 20℃~30℃)一个月的库内数据作为能效计算依据。

或实际选取一年中较热月(库外环境 24 h 平均温度为 20℃~30℃)连续 7 日的库内数据作为能效计算依据。此时,应有稳定的天气和温度条件,天气条件及周期性的温度变化应满足如下条件:

- 7 个 24 h 制冷周期的冷库库内平均温度(库内工作温度)之间的差值不大于 2℃;
- 7 个 24 h 周期库外环境温度的平均温度之间的差值不大于 4℃。

6.1.3.3 库外环境温度和湿度

库外温度和湿度应按照 GB/T 30103.1—2013 中 6.1.6 的规定在现场布点实测,实测周期与 6.1.3.2 的数据选取区间一致。

库外温度和湿度也可选取中央气象台公布的当地历史数据(温度和湿度),数据选取区间与 6.1.3.2 的选取区间一致。根据历史记录的结果,计算试验期间库外工作温度 T_{i1} 。

6.1.3.4 冷库压缩冷凝机组环境温度

如果压缩冷凝机组的冷凝器置于室外,其温度取值参照 6.1.3.3。

如在室内,则测点应布置在距离冷凝器进风口截面 600 mm 处,至少均布 2 点,将该温度接入冷库温度自动记录系统中,求取试验期间的平均值。

6.1.3.5 耗电量

采用冷库能耗自动测试记录系统,选取与 6.1.3.2 选取区间一致的耗电量数据,计算冷库整体的耗电量(TEC)。不包括与冷库能耗计算无关的耗电量。

冷库能耗测量装置应进行计量或现场比对修正。

6.1.3.6 冷库毛容积

按冷库图纸的库内尺寸或现场测量的库内尺寸进行计算得出。

6.1.4 冷库能效指数计算方法

6.1.4.1 能效指数

能效指数 η 按照公式(1)计算:

$$\eta = \text{TEC}_{25} / \text{TEC}_{\max} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

η ——能效指数, %;

TEC_{25} ——环境温度为 25℃,或折算到环境温度为 25℃时,冷库(箱)24 h 的耗电量,单位为千瓦时每 24 小时(kWh/24 h),见公式(2);

$\text{TEC}_{\max}$ ——在额定工况条件下,冷库(箱)运行 24 h 的基准耗电量,单位为千瓦时每 24 小时(kWh/24 h)。

6.1.4.2 温度变化引起的耗电量折算与修正

在冷库外环境 24 h 平均温度为 20℃~30℃ 的情况下进行测试,冷库(箱)24 h 的耗电量折算到环境温度为 25℃ 的折算耗电量 TEC_{25} ,按公式(2)进行计算:

$$TEC_{25} = \frac{TEC}{K_L} \cdot \left(\frac{Q_1 + Q_3 + Q_{5b}}{Q_s \cdot K_w} + \frac{Q_s - Q_1 - Q_3 - Q_{5b}}{Q_s} \right) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

TEC ——冷库制冷系统运行 24 h 的实测耗电量(不含冷库制冷系统内的其他辅助设备耗电量,如食品加工耗电量),单位为千瓦时每 24 小时(kWh/24 h);

K_w ——库外实测环境温度修正系数,见公式(3);

K_L ——压缩冷凝机组实测环境温度修正系数,见公式(5);

Q_1, Q_3, Q_{5b} 和 Q_s ——按附录 A 计算。

库外环境和冷库通风换气的实际工况与能效基准值额定工况不同所引起的能耗变化,采用库外实测环境温度修正系数 K_w 进行修正, K_w 按公式(3)计算:

$$K_w = \frac{T_{i1} - T_{i2}}{25 - T_L} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

T_{i1} ——库外实测环境干球平均温度,单位为摄氏度(℃);

T_{i2} ——按库内容积加权平均的实测库内环境平均温度,参照公式(4)计算,式中 T_i 为冷库(箱)第 i 个独立冷间的实测温度,其余参数意义相同,单位为摄氏度(℃);

25 ——库外环境能效基准值的额定工况温度,单位为摄氏度(℃);

T_L ——库内平均额定温度(冷间库容与冷间额定温度的加权平均值),按公式(4)计算,单位为摄氏度(℃)。

$$T_L = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \cdot V_i)}{\sum_{i=1}^n V_i} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

n ——冷库(箱)独立冷间的数量;

i ——冷库(箱)独立冷间的序号, $i=1,2,\dots,n$;

T_i ——冷库(箱)第 i 个独立冷间额定温度,单位为摄氏度(℃);

V_i ——冷库(箱)第 i 个独立冷间的毛容积,单位为立方米(m^3)。

冷凝器所在环境温度与能效基准值的额定工况 T_H (干球温度 25℃,湿球温度 19.5℃,相对湿度 60%)的温差引起的能耗变化系数 K_L ,按照公式(5)计算:

$$K_L = 1.033^{(T_{i3} - T_H)} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

T_{i3} ——冷凝器所在环境的实测干球或湿球平均温度,单位为摄氏度(℃);

T_H ——能效基准值的额定工况,干球温度 25℃,湿球温度 19.5℃,相对湿度 60%。

T_{i3} 和 T_H ,当冷凝器为风冷式时,取干球温度值,冷凝器为与冷却塔配套的水冷式或蒸发式冷却时,取湿球温度值,当系统中具有 2 种冷却方式时,应分别取值或按制冷量比例取值。

6.1.4.3 耗电量基准值的计算

冷库(箱)在冷库外环境平均温度为 25℃ 时的耗电量基准值,按照公式(6)计算:

$$\text{TEC}_{\max} = C \cdot \sum_{i=1}^n (K_i \times F_i \times Q'_{si}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

C ——冷库的制冷压缩冷凝机组功率调整系数,见表3;

n ——冷库(箱)独立冷间的数量;

i ——冷库(箱)独立冷间的序号, $i=1, 2, \dots, n$;

K_i ——第 i 个独立间室对应的库内温度分类的能耗调整系数,按公式(7)取值。

$$K_i = \frac{C_p}{1.033^{(20+t_{dm})}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

C_p ——为冷库类型调整系数,装配式冷库 $C_p=1.4$,其他类型冷库 $C_p=1.05$;

t_{dm} ——为冷库间室额定温度($^{\circ}\text{C}$)。

F_i ——第 i 个独立间室的制冷蒸发方式的调整系数 F ,对于使用顶排管系统的封闭间室(直冷式), $F=0.80$;对于使用强制风冷空气冷却器(冷风机)的间室, $F=1$;

Q'_{si} ——第 i 个独立间室对应的冷却设备负荷,单位为千瓦时每24小时($\text{kWh}/24\text{h}$)。

其中: $Q'_{si}=Q_{si}/1\,000$,由 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 按照附录A的计算方法得出,环境平均温度按照 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 取值,环境湿度按如下要求取值:

- a) 对于放置于超市、商店或厂房内带有空调系统的小型冷库,湿度取值 $60\%\text{RH}$;
- b) 对于露天设置的冷库、没有空调的罩棚和厂房内的冷库,取当地气象条件平均温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时对应的相对湿度,按当地气象资料中不同月份的气候温度采用线性差值到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 取得对应的相对湿度。

在 Q_s 的计算中,所有冷间围护结构单位面积热流量 Q_{li} 均应按照冷库结构(参考设计文件)分别计算,按公式(8)公式(10)取值:

$$\text{冷冻库外围护结构: } Q_{li} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{25\text{ }^{\circ}\text{C} - t_{dm}}{8\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}} (\text{W}/\text{m}^2) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{冷藏库外围护结构: } Q_{li} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{25\text{ }^{\circ}\text{C} - t_{dm}}{5\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}} (\text{W}/\text{m}^2) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{不同温度冷间的隔墙: } Q_{li} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t_{dmH} - t_{dmL}}{6\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}} (\text{W}/\text{m}^2) \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

Δt ——围护结构两侧的温差,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

R ——围护结构单位面积的热阻,单位为摄氏度平方米每瓦($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$);

t_{dm} ——冷库间室额定温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_{dmH} ——较高温度冷库间室额定温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_{dmL} ——较低温度冷库间室额定温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

在 Q_s 的计算中的货物热流量 Q_2 按实际运行统计值取值。

在 Q_s 的计算中冷间内电动机运转热流量 Q_3 按实际运行统计值取值(不含冷风机电动机和库内气流循环电动机)。

对于冷库负荷计算数据的取值,未进行明确规定的,优先按照实际运行值取值,实际运行值不方便取值时,按设计值取值。

计算方法按附录A进行,详细说明参见《冷库制冷设计手册》。

表 3 制冷压缩冷凝机组功率调整系数

压缩冷凝机组输入功率(CC)/kW			调整系数 C
风冷式	高温型	≤ 12	1.08
		$> 12 \sim 32$	1.04
		> 32	1
	中温型	≤ 3	1.22
		$> 3 \sim 12$	1.14
		$> 12 \sim 32$	1.07
		> 32	1
	低温型	≤ 5	1.22
		$> 5 \sim 12$	1.14
		$> 12 \sim 32$	1.07
		> 32	1
水冷式	高温型	≤ 12	1.10
		$> 12 \sim 32$	1.05
		> 32	1
	中温型	≤ 3	—
		$> 3 \sim 12$	1.08
		$> 12 \sim 32$	1.04
		> 32	1
	低温型	≤ 12	1.12
		$> 12 \sim 32$	1.06
		> 32	1

6.2 容积式制冷压缩冷凝机组制冷能效测试方法

容积式制冷压缩冷凝机组的制冷性能系数 COP 按 GB/T 21363 的规定进行测试。

7 标准的实施

对于本文件实施之日前生产或进口的产品,自本文件实施之日第 24 个月开始实施。

附 录 A

(规范性)

冷却设备负荷的计算

A.1 冷间冷却设备负荷

冷间冷却设备负荷应按公式(A.1)计算:

$$Q_s = Q_1 + pQ_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Q_s ——冷间冷却设备负荷,单位为瓦(W);

Q_1 ——冷间围护结构热流量,单位为瓦(W);

p ——冷间内货物冷加工负荷系数,冷却间、冻结间和货物不经冷却而直接进入冷却物冷藏间的货物冷加工负荷系数 p 应取 1.3,其他冷间 p 取 1;

Q_2 ——冷间内货物热流量,单位为瓦(W);

Q_3 ——冷间通风换气热流量,单位为瓦(W);

Q_4 ——冷间内电动机(不含冷风机电动机和气流循环冷风机)运转热流量,单位为瓦(W);

Q_5 ——冷间操作热流量,但对冷却间及冻结间则不计算该热流量,单位为瓦(W)。

注:式中 Q_s 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 和 Q_5 均为 24 h 的平均值。

A.2 围护结构

A.2.1 围护结构热流量

围护结构热流量应按公式(A.2)计算:

$$Q_1 = K_w A_w (\theta_w - \theta_n) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

Q_1 ——围护结构热流量,单位为瓦(W);

K_w ——围护结构的传热系数,单位为瓦每平方米每度 [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

A_w ——围护结构的传热面积,单位为平方米(m^2);

θ_w ——围护结构外侧的计算温度,见 A.2.3,单位为摄氏度($^\circ C$);

θ_n ——围护结构内侧的计算温度,为该冷间的额定温度,单位为摄氏度($^\circ C$)。

A.2.2 围护结构的传热面积

围护结构的传热面积 A_w 计算应符合下列规定:

- a) 屋面、地面和外墙的长、宽度应自外墙外表面至外墙外表面或外墙外表面至内墙中或内墙中至内墙中计算(如图 A.1 中的 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4);
- b) 楼板和内墙长、宽度应自外墙内表面至外墙内表面或外墙内表面至内墙中或内墙中至内墙中计算(如图 A.1 中的 l_5 、 l_6 、 l_7 、 l_8);
- c) 外墙的高度:地下室或底层,应自地坪的隔热层下表面至上层楼面计算(如图 A.2 中的 h_1 、 h_2 、 h_3);中间层应自该层楼面至上层楼面计算(如图 A.2 中的 h_4 、 h_5);顶层应自该层楼面至顶部隔热层上表面计算(如图 A.2 中的 h_6 、 h_7);
- d) 内墙的高度:地下室、底层和中间层,应自该层地面、楼面至上层楼面计算(如图 A.2 中的 h_8 、 h_9);顶层应自该层楼面至顶部隔热层下表面计算(如图 A.2 中的 h_{10} 、 h_{11})。

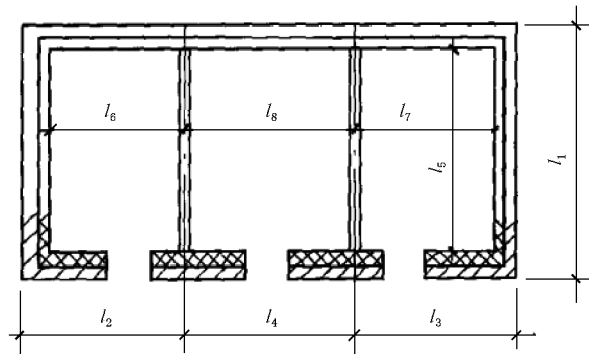


图 A.1 屋面、地面、楼面、外墙和内墙长、宽度例图

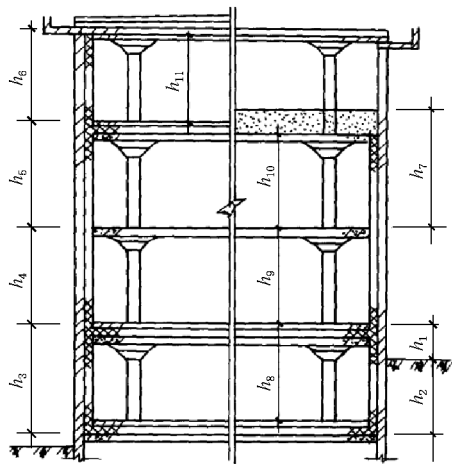


图 A.2 外墙和内墙高度的例图

A.2.3 围护结构外侧的计算温度

- 围护结构外侧的计算温度应按下列规定取值。
- a) 计算外墙、屋面和顶棚时,围护结构外侧的计算温度应按 25 ℃取值。
 - b) 计算内墙和楼面时,围护结构外侧的计算温度应取其邻室的设计室温。当邻室为冷却间或冻结间时,应取该类冷间空库保温温度。空库保温温度,冷却间应按 10 ℃计算,冻结间应按 -10 ℃计算。
 - c) 冷间地面隔热层下设有加热装置时,其外侧温度按 2 ℃计算;如地面下部无加热装置或地面隔热层下为自然通风架空层时,其外侧的计算温度应采用 25 ℃取值。

A.2.4 货物热流量

货物热流量应按公式(A.3)计算:

$$Q_2 = Q_{2a} + Q_{2b} + Q_{2c} + Q_{2d}$$
$$= \frac{1}{3.6} \times \left[\frac{m(h_1 - h_2)}{t} + m B_b \frac{C_b(\theta_1 - \theta_2)}{t} \right] + \frac{m(Q' + Q'')}{2} + (m_z - m)Q'' \dots\dots (A.3)$$

式中:

- Q_2 ——货物热流量,单位为瓦(W);
- Q_{2a} ——食品热流量,单位为瓦(W);

- Q_{2b} —— 包装材料和运载工具热流量,单位为瓦(W);
- Q_{2c} —— 货物冷却时的呼吸热流量,单位为瓦(W);
- Q_{2d} —— 货物冷藏时的呼吸热流量,单位为瓦(W);
- $\frac{1}{3.6}$ —— 1 kJ/h 换算成瓦(W)的数值;
- m —— 冷间的每日进货质量,单位为千克(kg);
- h_1 —— 货物进入冷间初始温度时的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- h_2 —— 货物在冷间内终止降温时的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- t —— 货物冷加工时间,对冷藏间取 24 h,对冷却间、冻结间取设计冷加工时间,单位为小时(h);
- B_b —— 货物包装材料或运载工具质量系数;
- C_b —— 包装材料或运载工具的比热容,单位为千焦每千克每度[kJ/(kg·℃)];
- θ_1 —— 包装材料或运载工具进入冷间时的温度,单位为摄氏度(℃);
- θ_2 —— 包装材料或运载工具在冷间内终止降温时的温度,宜为该冷间的设计温度,单位为摄氏度(℃);
- Q' —— 货物冷却初始温度时单位质量的呼吸热流量,单位为瓦每千克(W/kg);
- Q'' —— 货物冷却终止温度时单位质量的呼吸热流量,单位为瓦每千克(W/kg);
- m_z —— 冷却物冷藏间的冷藏量,单位为千克(kg)。
- 注 1: 仅鲜水果、鲜蔬菜冷藏间计算 Q_{2c} 、 Q_{2d} 。
- 注 2: 如冻结过程中需加水时,把水的热流量加入公式(A.3)内。

A.2.5 进货量

冷间的每日进货质量 m 应按实际运行统计取值(平均值)。

A.2.6 货物包装材料和运载工具质量系数

货物包装材料和运载工具质量系数 B_b 应按表 A.1 取值。

表 A.1 货物包装材料和运载工具质量系数 B_b

序号	食品类别	质量系数 B_b	
1	肉类、 鱼类、 冰蛋类	冷藏	0.1
		肉类冷却或冻结(猪单轨叉挡式)	0.1
		肉类冷却或冻结(猪双轨叉挡式)	0.3
		肉类、鱼类、冰蛋类(搁架式)	0.3
		肉类、鱼类、冰蛋类(吊笼式或架子式手推车)	0.6
2	鲜蛋类	0.25	
3	鲜水果	0.25	
4	鲜蔬菜	0.25	

A.2.7 包装材料或运载工具进入冷间时的温度

包装材料或运载工具进入冷间时的温度应按下列规定取值:

- a) 在本库进行包装的货物,其包装材料或运载工具温度的取值应按夏季空气调节日平均温度乘以测试数据提供当月的温度修正系数,该系数按表 A.2 取值;

- b) 自外库调入已包装的货物,其包装材料温度应为该货物进入冷间时的温度,其运载工具温度按 a)中规定的“运载工具温度”计算。

表 A.2 包装材料或运载工具进入冷间的温度修正系数

进入冷间月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
温度修正系数	0.10	0.15	0.33	0.53	0.72	0.86	1.00	1.00	0.83	0.62	0.41	0.20

A.2.8 货物进入冷间时的温度

货物进入冷间时的温度应按下列规定计算:

- a) 未经冷却的鲜肉温度应按 35℃ 计算,已经冷却的鲜肉温度按 4℃ 计算;
b) 从外库调入的冻结货物温度按 -10℃ 计算或按实测值计算;
c) 无外库调入的冷库,进入冻结物冷藏间的货物温度按该冷库冻结间终止降温时或包冰衣后或包装后的货物温度计算;
d) 冰鲜鱼虾整理后的温度按 15℃ 计算;
e) 鲜鱼虾整理后进入冷加工间的温度,按整理鱼虾用水的水温计算;
f) 鲜蛋、水果、蔬菜的进货温度,按当地食品进入冷间生产旺月的月平均温度计算。

A.2.9 通风换气热流量

通风换气热流量应按公式(A.4)计算:

$$Q_3 = Q_{3a} + Q_{3b} = \frac{1}{3.6} \times \left[\frac{(h_w - h_n)n V_n \rho_n}{24} + 30 n_r \rho_n (h_w - h_n) \right] \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

- Q_3 ——通风换气热流量,单位为瓦(W);
 Q_{3a} ——冷间换气热流量,单位为瓦(W);
 Q_{3b} ——操作人员需要的新鲜空气热流量,单位为瓦(W);
 h_w ——冷间外空气的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);
 h_n ——冷间内空气的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);
 n ——每日换气次数可采用 2~3 次(按实际情况取值);
 V_n ——冷间内净体积,单位为立方米(m^3);
 ρ_n ——冷间内空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
24 ——1 d 换算成 24 h 的数值;
30 ——每个操作人员每小时需要的新鲜空气量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 n_r ——操作人员数量。

- 注 1: 本条只适用于储存有呼吸的食品的冷间。
注 2: 有操作人员长期停留的冷间如加工间、包装间等,计算操作人员需要新鲜空气的热流量 Q_{3b} ,其余冷间可不计。

A.3 电动机运转热流量

电动机运转热流量应按公式(A.5)计算:

$$Q_4 = 1\,000 \sum P_d \xi b \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- Q_4 ——电动机运转热流量,单位为瓦(W);

P_d ——电动机额定功率,单位为千瓦(kW);

ξ ——热转化系数,电动机在冷间内时应取 1;电动机在冷间外(如循环泵)时应取 0.75;

b ——电动机运转时间系数,对空气冷却器配用的电动机取 1,对冷间内其他设备配用的电动机可

按实际情况取值,如按每昼夜操作 8 h 计,则 $b = \frac{8}{24}$ 。

A.4 操作热流量

操作热流量应按公式(A.6)计算:

$$Q_5 = Q_{5a} + Q_{5b} + Q_{5c} = Q_d A_d + 221 \cdot A_D (g H_D)^{0.5} \left[\frac{(T_{i1} - T_{i2})}{T_{i1}} \right]^{0.5} \left[\frac{2}{1 + (T_{i1} / T_{i2})^{0.333}} \right]^{1.5} M \cdot t_c \cdot \rho_w (h_w - h_n) + \frac{3}{24} n_r Q_r \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

Q_5 ——操作热流量,单位为瓦(W);

Q_{5a} ——照明热流量,单位为瓦(W);

Q_{5b} ——每扇门的开门热流量,单位为瓦(W);

Q_{5c} ——操作人员热流量,单位为瓦(W);

Q_d ——每平方米地板面积照明热流量,冷却间、冻结间、冷藏间、冰库和冷间内穿堂可取 2.3 W/m^2 ; 操作人员长时间停留的加工间、包装间等可取 4.7 W/m^2 ;

A_d ——冷间地面面积,单位为平方米(m^2);

A_D ——冷库门面积,单位为平方米(m^2);

g ——重力加速度,单位为米每平方秒(m/s^2);

H_D ——库门高度,所有库门高度的平均值(m);

T_{i1} ——库外实测环境平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T_{i2} ——库内实测环境平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_c ——所有库门 24 h 内开启时间之和与 24 h 的比;

h_w ——冷间外空气的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

h_n ——冷间内空气的比焓,单位为千焦每千克(kJ/kg);

M ——空气幕效率修正系数,可取 0.5;如不设空气幕时,应取 1;

ρ_w ——室外空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

$\frac{3}{24}$ ——每日操作时间系数,按每日操作 3 h 计;

n_r ——操作人员数量;

Q_r ——每个操作人员产生的热流量,单位为瓦(W),冷间设计温度高于或等于 -5°C 时,宜取 279 W;冷间设计温度低于 -5°C 时,宜取 395 W。

注: 冷却间,冻结间不计 Q_5 这项热流量。

A.5 小型服务性冷库

服务于机关、学校、工厂、宾馆、商场等小型服务性冷库,当其冷间总的公称容积在 500 m^3 以下时,冷间冷却设备负荷应按公式(A.7)计算:

$$Q'_s = Q_1 + p Q_2 + Q_4 + Q_{5a} + Q_{5b} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

Q'_s ——小型服务性冷库冷间冷却设备负荷,单位为瓦(W)；

Q_1 ——冷间围护结构热流量,单位为瓦(W)；

p ——货物冷加工负荷系数,冻结间以及货物不经冷却而直接进入冷却物冷藏间的货物冷加工负荷系数 p 取 1.3,其他冷间 p 取 1；

Q_2 ——冷间内货物热流量,单位为瓦(W)；

Q_4 ——冷间内电动机运转热流量(不含冷风机电动机和气流循环冷风机),单位为瓦(W)；

Q_{5a} ——冷间内照明热流量,单位为瓦(W),对冻结间则不计算该项热流量；

Q_{5b} ——冷间开门的热流量,对冻结间则不计算该项热流量,单位为瓦(W)。

参 考 文 献

- [1] 商业部设计院.冷库制冷设计手册[M].北京:农业出版社,1991.
-