

前 言

本标准是首次制定。

本标准附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 是规范性附录，附录 E 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国冷冻设备标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：南京五洲制冷集团中天空调有限公司、杭州华电华源环境工程有限公司、国家电力公司电力需求侧管理指导中心、北京供电公司。

本标准主要起草人：周平中、叶水泉、洪绍斌、王书保、张善武、陈永林、纪洪、宋宏坤、梁明坤。

本标准由全国冷冻设备标准化技术委员会负责解释。

蓄冷空调系统的测试和评价方法

1 范围

本标准规定了制冷蓄冷系统技术性能测试、经济评价方法和蓄冷空调系统经济评价方法。

本标准适用于由制冷蓄冷系统和供冷系统所组成的蓄冷空调系统。其中制冷蓄冷系统以某种传热流体制冷、蓄冷和释冷；而供冷系统可以是任何形式和任何供回水条件。

本标准既作为已建蓄冷空调系统测试和评价方法，同时能用于设计院所、建设单位、电力部门进行蓄冷空调系统方案论证评估的方法。

本标准不适用于：a) 名义蓄冷量为 35 kW·h 或更小的制冷蓄冷系统；b) 使用制冷剂作为释冷流体的制冷蓄冷系统；c) 只应用于加热的蓄热设备。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 10870—2001 容积式和离心式冷水（热泵）机组性能试验方法

GB/T 18430.1—2001 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组工商业用和类似用途的冷水（热泵）机组

GB 50050—1995 工业循环冷却水处理设计规范

GB 50155—1992 采暖通风与空气调节术语标准

JB/T 7249—1994 制冷设备 术语

ARI 550/590—1998 采用蒸汽压缩循环的冷水机组

3 术语和定义

GB 50155 和 JB/T 7249 中所确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

蓄冷空调系统 **air conditioning system with thermal storage**

蓄冷空调系统由制冷蓄冷系统与供冷系统所组成。

3.2

制冷蓄冷系统 **refrigeration & thermal storage system**

制冷蓄冷系统由制冷设备、蓄冷装置、辅助设备、控制调节设备四部分，通过管道和导线（包括控制导线和动力电缆等）连接组成。通常以水或乙二醇水溶液为载冷剂，除了能用于常规制冷外，还能在蓄冷工况下运行，从蓄冷介质中移出热量（显热和潜热）。待需要供冷时，可由制冷设备制冷供冷、或蓄冷装置单独释冷供冷，或二者联合供冷。

3.3

供冷系统 **thermal supply system**

以空气调节为目的，对空气进行处理、输送、分配，并控制其参数的所有设备、管道及附件、仪器仪表的总和。包括空调系统末端设备、输送载冷剂的泵与管道、输送空气的风机和风管以及附件、仪器仪表等。

3.4

无蓄冷空调系统 **air conditioning system without thermal storage**

由无蓄冷功能的制冷系统和供冷系统所组成的系统。

- 3.5
蓄冷装置 thermal storage equipment
能够以显热和(或)潜热贮蓄冷量的装置。
- 3.6
蓄冷期 thermal storage period
将热量从蓄冷装置中移出的一段时间。
- 3.7
释冷期 thermal discharge period
将热量加入蓄冷装置的一段时间。
- 3.8
释冷率 ice melting rate
完成一个设计的释冷循环后,蓄冷装置内释冷量占总蓄冷量的百分比。
- 3.9
释冷特性 thermal discharge characteristic
在制冷蓄冷系统名义工况下,单位时间释冷量(kW)随时间变化的规律。
- 3.10
设计循环周期 designed cyclical period
制冷蓄冷系统完成一个蓄冷和释冷循环过程的一段时间。
- 3.11
名义蓄冷量(Q_{ic}) nominal thermal storage quantity
制冷蓄冷系统在名义工况下,系统达到完全蓄冷状态后,释冷循环试验中实测得到的释冷量,称为名义蓄冷量;单位为千瓦小时(kW·h)。
- 3.12
制冷蓄冷系统名义总冷量(ΣQ) overall nominal thermal capacity
在名义工况下的一个设计循环周期内,制冷蓄冷系统向空调系统提供的总冷量;单位为千瓦小时(kW·h)。
- 3.13
输入总功率 overall input power
- 3.13.1
制冷蓄冷系统输入总功率(ΣN_i)
制冷蓄冷系统在名义工况下输入总功率包括:压缩机电动机、油泵电动机、乙二醇泵电动机、水冷式的冷却水泵电动机和冷却塔风机电动机、风冷式的冷却风机电动机以及操作控制电路等输入功率;单位为千瓦(kW)。
- 3.13.2
计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统输入总功率($\Sigma N'_i$)
计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统在名义工况下输入总功率($\Sigma N'_i$)为 ΣN_i 减去冷却水泵电动机、冷却塔风机电动机输入总功率和制冷蓄冷系统在释冷期间制冷设备各运行部件输入总功率;单位为千瓦(kW)。
- 3.13.3
蓄冷空调系统输入总功率(ΣN_{Ti})
蓄冷空调系统在名义工况下输入总功率包括:制冷蓄冷系统输入总功率 ΣN_i 和供冷系统输入总功

率 ΣN_{sui} ,单位为千瓦(kW)。

3.14

输入总电量 overall input electricity

3.14.1

制冷蓄冷系统输入总电量(ΣA_l)

制冷蓄冷系统在名义工况下的一个设计循环周期(h)内输入系统的总电量;单位为千瓦小时(kW·h)。

3.14.2

计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统输入总电量 $\Sigma A'_l$

计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统输入总电量($\Sigma A'_l$)等于计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统各运行设备输入功率乘上相应的运行时间之和。

3.14.3

蓄冷空调系统输入总电量(ΣA_{Tl})

蓄冷空调系统在名义工况下的一个设计循环周期内输入系统的总电量;单位为千瓦小时(kW·h)。

3.15

蓄冷性能系数(COP_{ice}) thermal storage performance coefficient

制冷蓄冷系统在名义工况下的一个设计循环周期内,以同一单位表示名义蓄冷量与计算蓄冷性能系数时用制冷蓄冷系统输入总电量之比。

3.16

净可利用蓄冷量(Q_D) net available thermal storage quantity

制冷蓄冷系统在名义工况下的一个设计循环周期内供用户送水温度在等于或小于可利用供冷温度时实际提供的最大释冷量; $Q_D \leq Q_{IC}$ 。

3.17

串联流程 serial connection

制冷蓄冷系统向供冷系统供给冷量时,制冷设备和蓄冷装置为串联关系。

3.18

并联流程 parallel connection

制冷蓄冷系统向供冷系统供给冷量时,制冷设备和蓄冷装置为并联关系。

3.19

峰荷时段输入总电量 overall input electricity during peak load period

3.19.1

制冷蓄冷系统峰荷时段输入总电量(ΣA_{lr})

在电网峰荷时段向制冷蓄冷系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦小时(kW·h)。

3.19.2

蓄冷空调系统峰荷时段输入总电量(ΣA_{Tr})

在电网峰荷时段向蓄冷空调系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦小时(kW·h)。

3.20

平荷时段输入总电量 overall input electricity during normal load period

3.20.1

制冷蓄冷系统平荷时段输入总电量(ΣA_{lp})

在电网平荷时段向制冷蓄冷系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦小时(kW·h)。

3.20.2

蓄冷空调系统平荷时段输入总电量(ΣA_{Tp})

在电网平荷时段向蓄冷空调系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦时(kW·h)。

3.21

谷荷时段输入总电量 overall input electricity during valley load period

3.21.1

制冷蓄冷系统谷荷时段输入总电量(ΣA_{kg})

在电网谷荷时段向制冷蓄冷系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦时(kW·h)。

3.21.2

蓄冷空调系统谷荷时段输入总电量(ΣA_{Tkg})

在电网谷荷时段向蓄冷空调系统各运行设备输入电量之和;单位为千瓦时(kW·h)。

3.22

年转移峰电量(ΔA_{Yf}) yearly electricity transferred during peak load period

整个供冷季节电网峰荷时段,无蓄冷功能的制冷系统输入总电量(A_{Ywf})与制冷蓄冷系统输入总电量(A_{Yf})之差;单位为千瓦时(kW·h)。

3.23

年转移峰电量率(X_{yd}) yearly mean electricity transferred rate from peak load period

整个供冷季节电网峰荷时段,无蓄冷功能的制冷系统输入总电量和制冷蓄冷系统输入总电量之差(ΔA_{Yf})与无蓄冷功能的制冷系统输入总电量之比,称为年转移峰电量率。

3.24

电力移峰量(ΔN_f) electrical capacity transferred from peak load period

无蓄冷功能的制冷系统装机容量与制冷蓄冷系统装机容量之差,称为电力移峰量;单位为千瓦(kW)。

3.25

电力移峰率(X_d) electrical capacity transferred rate from peak load period

无蓄冷功能的制冷系统装机容量和制冷蓄冷系统装机容量之差与无蓄冷功能的制冷系统装机容量之比,称为电力移峰率(X_d)。

3.26

年输入总电量 yearly total input electricity

3.26.1

制冷蓄冷系统年输入总电量(A_Y)

在整个供冷季节,制冷蓄冷系统各运行设备输入电量之和。

3.26.2

蓄冷空调系统年输入总电量(A_{YT})

在整个供冷季节,蓄冷空调系统各运行设备输入电量之和。

3.27

年谷电利用率(Y_{yd}) yearly electricity utilization rate of valley period

年谷电利用率(Y_{yd}),为在一个设计循环周期内,不同冷负荷下的谷电利用率(Y_d)年的加权平均值。其中 Y_d 为不同冷负荷下在一个设计循环周期内的谷电时段输入电量之和与峰、平、谷时段输入总电量之比。

3.28

静态差额投资回收期(T_T) static balance period of reclaim investment

在同一制冷环境、相同逐时冷负荷、相同供冷系统和相同供回水条件下,蓄冷空调系统总投资和无蓄冷功能的空调系统总投资差额与无蓄冷功能的空调系统和蓄冷空调系统年运行电费差之比,称为静态差额投资回收期;单位为年。

4 测试、评价内容

4.1 基本规定

制冷蓄冷系统可以是全部由工厂组装,或用工厂供应的部件在现场组装,或遵循预先确定的设计图样在现场安装。

冷水机组的名义制冷量 Q_0 、输入总功率 N_0 和制冷性能系数由制冷设备制造厂提供,应符合 GB/T 18430.1 的要求。

测试分为实验室和现场两种测试形式。

4.1.1 实验室测试

确定制冷蓄冷系统技术性能指标(名义蓄冷量和蓄冷性能系数)。

4.1.2 现场测试

a) 确定制冷蓄冷系统技术性能指标(名义蓄冷量和蓄冷性能系数);确定制冷蓄冷系统的经济评价指标[年转移峰电量(ΔA_{YF})、年转移峰电量率(X_{Yd})、电力移峰量(ΔN_f)、电力移峰率(X_d)、年谷电利用率(Y_{Yd})]。

b) 确定蓄冷空调系统的经济评价指标[年输入总电量(A_{YT})和静态差额投资回收期(T_T)]。

4.2 制冷蓄冷系统技术性能测试内容

4.2.1 名义蓄冷量(Q_{ic})

制冷蓄冷系统名义蓄冷量(Q_{ic}),在设计循环周期内按表 1 名义工况,实验室测试按附录 A,现场测试按附录 B 方法进行测试。

表 1 名义工况时的温度及允许偏差条件

项 目	载冷剂		放热侧		
			水冷式		风冷式
	进口温度	出口温度	进口温度	出口温度	干球温度
制冷	$T_2 \pm 0.3$	$T_1 \pm 0.3$	30 ± 0.3	35 ± 0.3	35 ± 1
蓄冷			28 ± 0.3	33 ± 0.3	29 ± 1
释冷		$T_1 \pm 0.3$		—	—

注:表中 T_2 为载冷剂回水温度, T_1 为载冷剂供水温度;常规温度为 $T_1 = 7^\circ\text{C}$, $T_2 = 12^\circ\text{C}$;当 $T_1 < 7^\circ\text{C}$, $T_2 - T_1 > 5^\circ\text{C}$ 时称为大温差设计。

4.2.2 制冷蓄冷系统输入总电量

制冷蓄冷系统输入总电量为释冷循环试验和蓄冷循环试验期间所消耗的输入总电量之和。按照附录 A 或附录 B 进行测试,按式(1)、(2)计算。

$$\sum A_i = \sum_{i=1}^n N_i \times \tau_i \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum A'_i = \sum_{i=1}^n N'_i \times \tau_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

N_i ——为释冷和蓄冷循环试验期间,制冷蓄冷系统各运行设备输入功率,单位为千瓦(kW)。

N'_i ——为释冷和蓄冷循环试验期间,各有关运行设备输入功率;单位为千瓦(kW)。

τ_i ——设备运行时间,单位为小时(h)。

4.2.3 蓄冷性能系数 COP_{ice}

制冷蓄冷系统按表 1 名义工况运行,所实测得到的名义蓄冷量(Q_{ic})和相同单位的输入总电量 $\sum A'_i$ 之比。

$$\text{COP}_{\text{ice}} = Q_{\text{ic}} / \sum A'_i \quad \dots\dots\dots(3)$$

在现场测试计算 COP_{ice} 时要注意,名义蓄冷量(Q_{ic})应为名义总冷量($\sum Q$)减去制冷设备在释冷循环试验期间所提供的冷量(即 $Q'_0 \times \tau_s$), Q'_0 为释冷期间制冷设备所供冷量 $Q'_0 \leq Q_0$, τ_s 为释冷循环试验期间制冷设备运行的时间。

在现场环境条件下,环境温度和冷却水供回水温度与表 1 规定有偏差时,按附录 C 中 C.1 修正。

对大温差设计条件,供水温度低于表 1 常规温度,若要进行比较时,按附录 C 中 C.2 修正。

4.3 制冷蓄冷系统经济评价

制冷蓄冷系统经济评价指标有:年转移峰电量(ΔA_{Yf})、年转移峰电量率(X_{Yd})、电力移峰量(ΔN_{f})、电力移峰率(X_{d})和年谷电利用率(Y_{Yd})。

4.3.1 年转移峰电量(ΔA_{Yf})

年转移峰电量(ΔA_{Yf})按式(4)计算

$$\Delta A_{\text{Yf}} = A_{\text{wf}} - A_{\text{Yf}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

A_{wf} 、 A_{Yf} ——分别为无蓄冷功能的制冷系统和制冷蓄冷系统在电网峰荷时段年输入总电量,单位为千瓦时(kW·h)。

A_{wf} 、 A_{Yf} 按附录 D 进行计算。

4.3.2 年转移峰电量率(X_{Yd})

年转移峰电量率(X_{Yd})按式(5)计算

$$X_{\text{Yd}} = \Delta A_{\text{Yf}} / A_{\text{wf}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

4.3.3 电力移峰量(ΔN_{f})

电力移峰量(ΔN_{f})按式(6)计算

$$\Delta N_{\text{f}} = N_{\text{wf}} - N_{\text{f}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$$N_{\text{wf}} = (N_{\text{f}} / \sum_{i=1}^n N_{\text{Yfi}}) \times \sum_{i=1}^n N_{\text{wi}}$$

N_{wf} 、 N_{f} ——分别为无蓄冷功能的制冷系统与制冷蓄冷系统的机房装机容量。单位为千瓦(kW)。

$\sum_{i=1}^n N_{\text{wi}}$ 按附录 D 进行计算。

4.3.4 电力移峰率(X_{d})

电力移峰率(X_{d})按式(7)计算

$$X_{\text{d}} = \Delta N_{\text{f}} / N_{\text{wf}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

4.3.5 年谷电利用率(Y_{Yd})

年谷电利用率(Y_{Yd})按式(8)计算

$$Y_{\text{Yd}} = 0.01 \times Y_{\text{d1}} + 0.42 \times Y_{\text{d2}} + 0.45 \times Y_{\text{d3}} + 0.12 \times Y_{\text{d4}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

Y_{d1} 、 Y_{d2} 、 Y_{d3} 、 Y_{d4} ——分别为设计负荷、0.75 设计负荷、0.50 设计负荷、0.25 设计负荷工况下的谷电利用率;分别按 $Y_{\text{d}} = \sum A_{\text{ig}} / (\sum A_{\text{ig}} + \sum A_{\text{ip}} + \sum A_{\text{if}})$ 计算。

4.4 蓄冷空调系统经济评价

蓄冷空调系统经济评价指标有:系统年输入总电量(A_{YT})和静态差额投资回收期(T_{T})。

4.4.1 蓄冷空调系统年输入总电量(A_{YT})

蓄冷空调系统年输入总电量(A_{YT})按式(9)进行计算

$$A_{YT} = A_Y + A_{su} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

A_{YT} ——为制冷蓄冷系统年输入总电量,按附录 D 进行估算。

A_{su} ——为供冷系统年输入总电量,按附录 D 进行估算。

4.4.2 静态差额投资回收期(T_T)

静态差额投资回收期(T_T)按式(10)进行计算

$$T_T = (C_{TY} - C_{TW}) / (\Delta V_{YT}) \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

C_{TY} ——为蓄冷空调系统总投资,是各组成设备和供配电工程费之和,即 $\sum_{i=1}^n C_{TYi}$ 。

C_{TW} ——为无蓄冷功能的空调系统总投资,是各组成设备和供配电工程费之和,即 $\sum_{i=1}^n C_{TWi}$;供冷系统与蓄冷空调系统相同的供冷系统,相对应的无蓄冷功能的空调系统组件价格为蓄冷空调系统组件价格乘以放大系数 K 求得;不相对应的无蓄冷功能的空调系统组件价格,按市场价来估算;估算方法按附录 D 进行。

ΔV_{YT} ——为无蓄冷功能的空调年运行电费(V_{TW})和蓄冷空调系统年运行电费(V_{TY})之差,按附录 D 进行计算。

5 试验

5.1 实验室测试按附录 A、现场测试按附录 B 方法执行。

5.2 一般规定

5.2.1 系统应在运行正常之后,才可进行测试。

5.2.2 系统使用的水质应符合 GB 50050 规定。乙二醇溶液也应符合有关标准规定。

5.2.3 试验时,时间间隔不大于 30 min 记录一次。

5.2.4 计算数据取两次以上测试数据的算术平均值。

5.3 试验参数

5.3.1 蓄冷、释冷工况条件

a) 实验室条件

名义工况时的温度及允许偏差按表 1 的规定。

b) 现场测试

蓄冷空调现场测试应选择当地全年最热月份进行试验,放热侧条件宜按表 1 的规定。

5.4 测量仪表和精度的规定

a) 实验室测试应符合 GB/T 10870—2001 中 4.5 的规定。

b) 现场测试应符合附录 B 中 B.6.3 的规定。

5.5 试验数据整理

计算用制冷剂、载冷剂和冷却介质的热物理性能数值,应采用参考文献所列文献的数值。

6 试验报告

6.1 格式和内容见附录 E。

6.2 试验结果

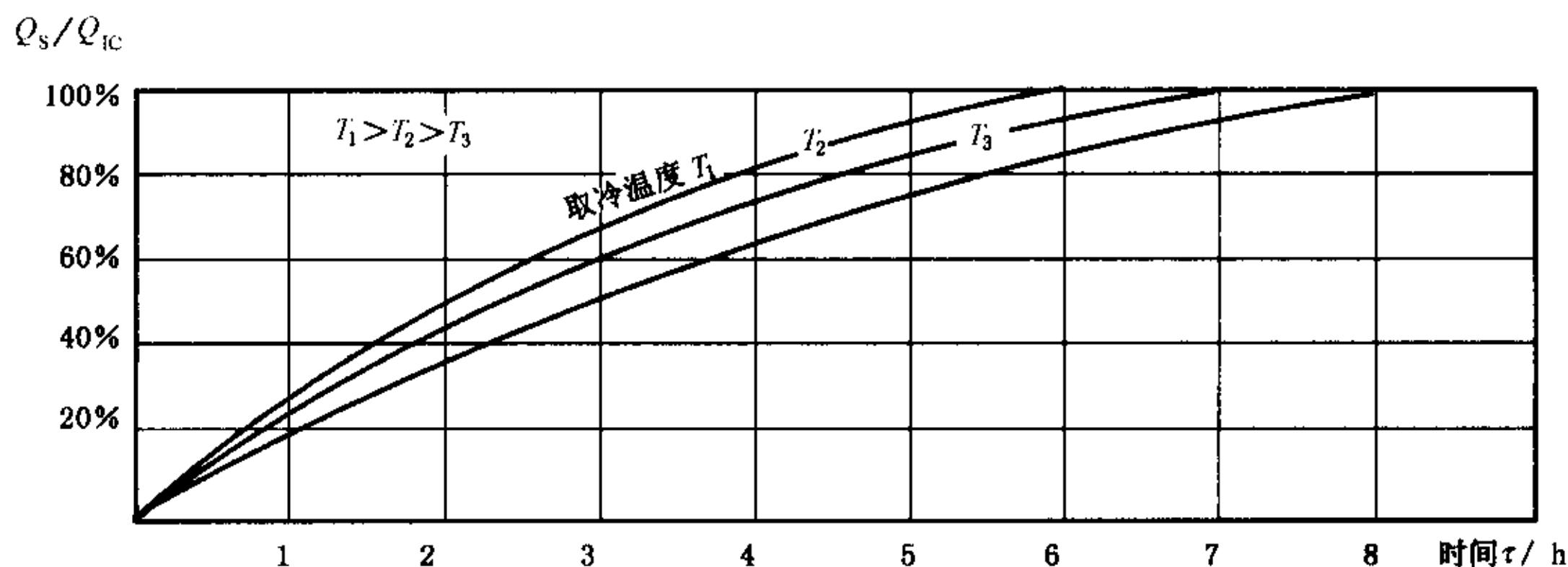
6.2.1 冷水机组的名义制冷量 Q_0 ,输入总功率 N_0 和名义工况时制冷性能系数 COP 由制冷设备制造厂提供,应符合 GB/T 18430.1 和其他有关标准。

6.2.2 制冷蓄冷系统名义蓄冷量 Q_{1c} 、输入总电量 $\Sigma A'$ 和蓄冷性能系数 COP_{ice} 。

- 6.2.3 净可利用蓄冷容量 Q_D 。
- 6.2.4 蓄冷循环及释冷循环中使用的传热流体。
- 6.2.5 起始蓄冷循环的持续时间。
- 6.2.6 蓄冷循环的持续时间。
- 6.2.7 释冷量随时间变化曲线。

以释冷量与名义蓄冷量之比(Q_s/Q_{ic})为纵坐标,时间 τ 为横坐标,用实测得的数据画出相对释冷量随时间变化曲线,当进出口温差 $<0.5^\circ\text{C}$ 时就视为释冷已结束。见图 1。

释冷特性曲线



释冷特性也可以其他形式表示

图 1

- 6.2.8 年转移峰电量(ΔA_{Yf})
二次以上测得数据的算术平均值,按公式(4)计算。
- 6.2.9 年转移峰电量率(X_{Yd})
二次以上测得数据的算术平均值,按公式(5)计算。
- 6.2.10 电力移峰量(ΔN_f)
由装机容量数据,按公式(6)计算。
- 6.2.11 电力移峰率(X_d)
由装机容量数据,按公式(7)计算。
- 6.2.12 年谷电利用率(Y_{Yd})
二次以上测得数据的算术平均值,按公式(8)计算。
- 6.2.13 年输入总电量(A_{YT})
二次以上测得数据的算术平均值,按公式(9)计算。
- 6.2.14 静态差额投资回收期(T_T)
静态差额投资回收期(T_T)按公式(10)计算。

附录 A

(规范性附录)

制冷蓄冷系统实验室试验方法

A.1 目的

本附录旨在规定制冷蓄冷系统运行于本标准 5.1 及表 1 名义工况时名义蓄冷量(Q_{ic})和制冷蓄冷系统蓄冷性能系数(COP_{ice})的试验方法。

A.2 范围

本试验方法适用于各种蓄冷方式和各种运行策略的制冷蓄冷系统。

A.3 试验方法

完整的试验程序包括至少一个初始循环周期和二个测试循环周期。每个循环周期由一个蓄冷循环试验和一个释冷循环试验组成。

A.3.1 初始循环周期

A.3.1.1 初始蓄冷循环试验

制冷蓄冷系统按常规温度(即供水 7℃,回水 12℃)按 5.1 及表 1 工况运行,大温差按规定额定工况条件运行;达到设计规定时间或安全保护执行器动作,初始蓄冷循环试验应结束;测量消耗的总电量($\Sigma A'_{ix}$),并记录时间。

A.3.1.2 初始释冷循环试验

试验开始时,制冷蓄冷系统应已达到完全蓄冷条件,用加热方法确保制冷蓄冷系统的蓄冷装置(或换热器供冷系统一侧)的进口水温维持在预先设定的值(通常为 7℃~18℃)。直至 Q_{ic} 已全部移出(此时蓄冷装置进出口水温相等,偏差 $<0.5^\circ\text{C}$);记录消耗总电量($\Sigma A'_{is}$),并记录时间。

A.3.2 测试循环周期

测试循环周期应在完成初始循环试验后进行。

A.3.2.1 蓄冷循环试验

制冷蓄冷系统按常规温度(即供水 7℃,回水 12℃)遵照 5.1 及表 1 工况运行,大温差按规定额定工况条件下运行;主机满载稳定运行达设计规定时间或安全保护执行器动作,蓄冷循环试验必须结束;在此期间按规定测量主机满载稳定运行时系统消耗的总电量($\Sigma A'_{ix}$)并记录时间和记录试验期间传热流体最低温度(通常是试验结束时的温度)。

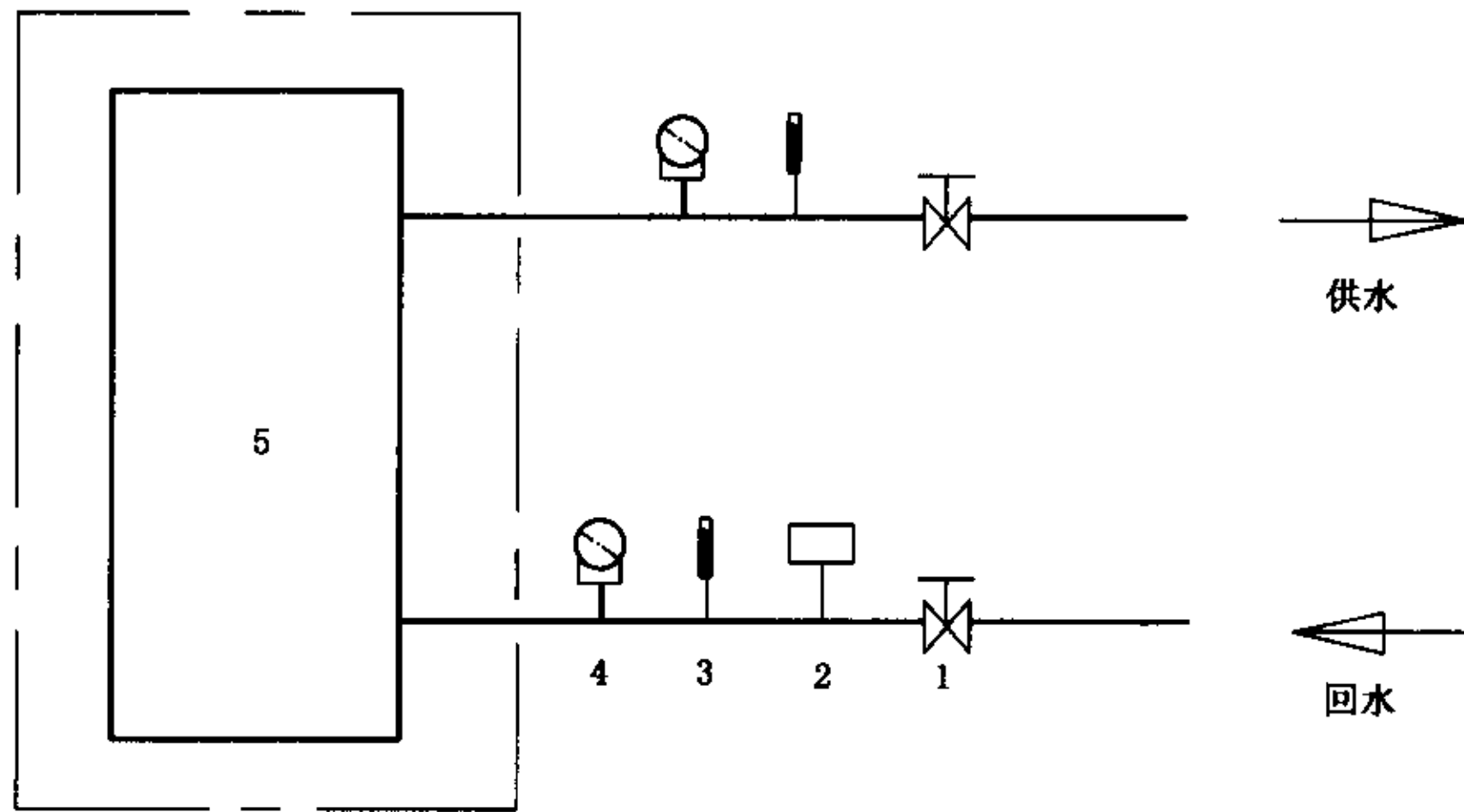
A.3.2.2 释冷循环试验

试验开始时,制冷蓄冷系统应达到完全蓄冷条件,用加热方法确保制冷蓄冷系统的蓄冷装置(或换热器供冷系统一侧)的进口水温维持在预先设定的值(通常为 7~18℃)。确定总释放冷量(即名义蓄冷量, Q_{ic})及所需的时间。当 Q_{ic} 已全部移出(此时蓄冷装置或换热器供冷系统一侧进出口水温相差 $<0.5^\circ\text{C}$,同时记录整个释冷循环试验期间系统消耗总电量($\Sigma A'_{is}$)。在试验中还需确定净可利用蓄冷量 Q_D ,此时蓄冷装置或换热器供冷系统一侧出口水温达最高可利用的温度(通常为 2~12℃)。

A.4 试验装置

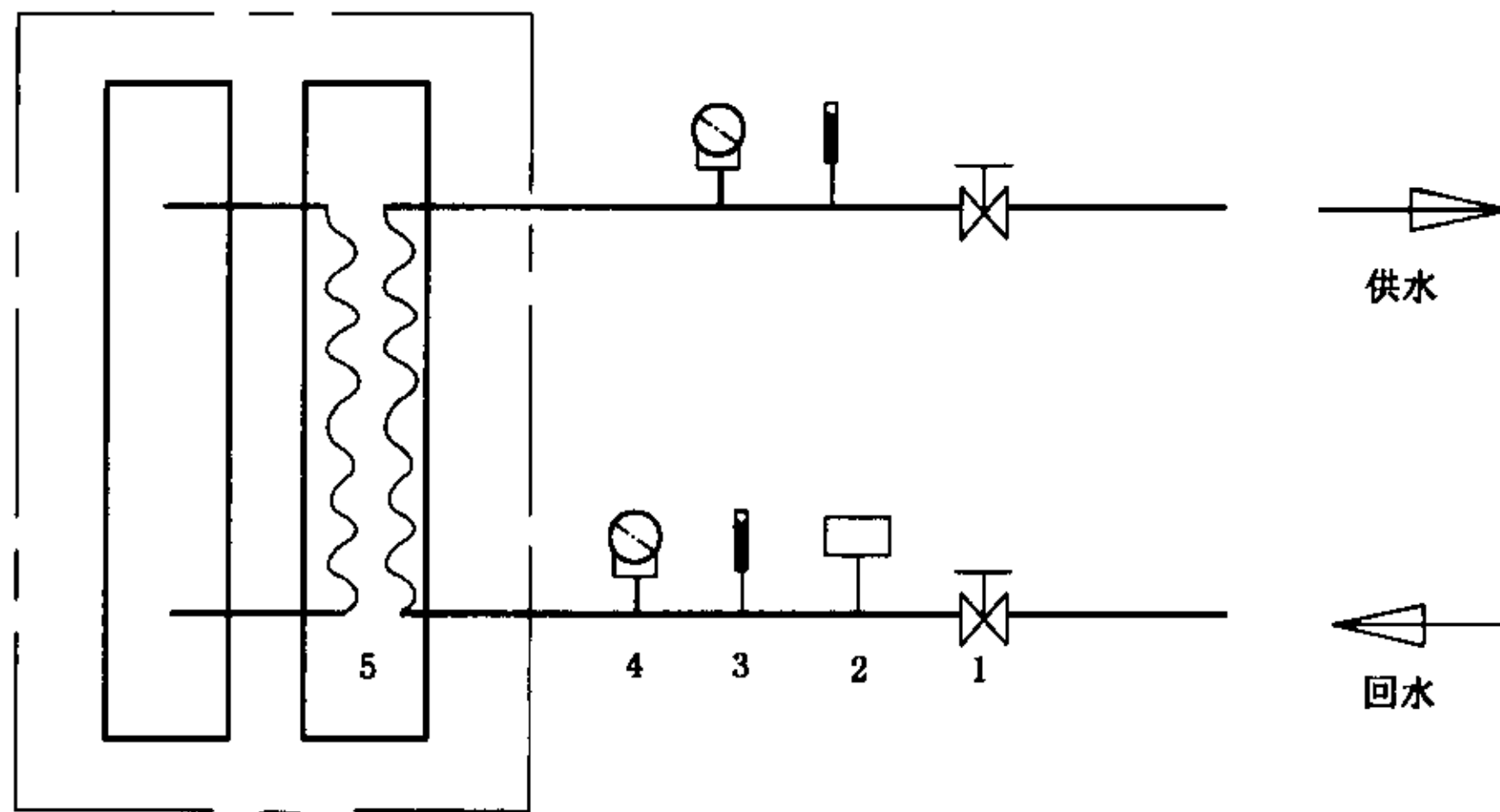
A.4.1 直接蒸发、载冷剂直接到用户,按图 A.1。

A.4.2 载冷剂需二次换热,按图 A.2。



- 1——流量调节阀;
- 2——流量计;
- 3——温度计;
- 4——压力表;
- 5——蓄冰罐

图 A. 1



- 1——流量调节阀;
- 2——流量计;
- 3——温度计;
- 4——压力表;
- 5——板式换热器

图 A. 2

A. 5 试验要求

应确保进蓄冷装置的水温为一预先设计值(通常为 $7^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$)。

A. 6 测点位置

流量测量点位于蓄冷装置(或板式换热器)进口直管段处离蓄冷装置(或板式换热器)至少有 4 倍管径处,出口直管段离蓄冷装置出口至少有 3 倍管径处。

A.7 测试时间间隔

测试数据记录时间间隔不大于 30 min 并均等,且第一次记录为 $\Delta\tau/2$,最后一次记录进出水温 $<0.5^\circ\text{C}$ 时的实际间隔。

A.8 数据整理

A.8.1 名义蓄冷量(Q_{1C})和净可利用蓄冷量(Q_D)

名义蓄冷量和净可利用蓄冷量分别按公式(A.1)和(A.2)计算。

$$Q_{1C} = \sum_{i=1}^n G_w C_{pw} (T_{w1} - T_{w2}) \Delta\tau \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$Q_D = \sum_{i=1}^m G_w C_{pw} (T_{w1} - T_{w2}) \Delta\tau \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

n ——释放蓄冷量 Q_{1C} 所需次数,单位为次;

G_w ——名义工况下载冷剂的质量流量,单位为千克每小时(kg/h);

m ——释放净可利用蓄冷量 Q_D 所需次数,单位为次;

C_{pw} ——载冷剂的比热,单位为焦耳每千克开尔文[J/(kg·k)];

T_{w1} 、 T_{w2} ——蓄冷装置进出水温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

$\Delta\tau$ ——测试数据记录时间间隔,单位为小时(h)。

A.8.2 COP_{ice}

蓄冷性能系数 COP_{ice} 按公式(3)进行计算。

A.8.3 释冷特性曲线

按 A3.2.2 释冷循环试验所测得数据,绘制释冷量随时间变化规律。

附录 B
(规范性附录)
现场测试方法

B.1 目的

本附录旨在现场测试条件下,在最热的月份进行测试,蓄冷空调系统中供冷系统按设计要求开启运行,实测得到名义蓄冷量(Q_{IC})、蓄冷和释冷循环试验期间输入蓄冷空调系统的总电量及制冷蓄冷系统的总电量、设计日逐时冷负荷。

B.2 适用范围

本附录适用于各种蓄冷方式和各种运行策略的蓄冷空调系统;并且对 $7^{\circ}\text{C}/12^{\circ}\text{C}$ (即常规温差)和 T_1 条件小于 7°C 供水、供回水温升($T_2 - T_1$)大于 5°C (所谓大温差)都适用。但现场应提供满足本附录 B.6.3 所要求的检测仪表。

B.3 试验方法

本附录的试验测定日期宜在当地全年最热月份接近于设计条件,并需在系统已稳定运行条件下进行。

完整的试验程序包括至少一个初始循环试验周期和二一个测试循环周期,每个循环周期由一个蓄冷循环试验和一个释冷循环试验组成。

B.3.1 初始循环周期**B.3.1.1 初始蓄冷循环试验**

系统按设计工况条件,主机稳定运行,放热侧为现场条件,达设计蓄冷规定时间或安全保护执行器动作,起始蓄冷循环试验应结束。

B.3.1.2 初始释冷循环试验

试验开始,系统应达到完全蓄冷条件后,按设计要求开动空调系统,直至系统蓄冷装置(或换热器供冷系统一侧)出口温度与进口水温相差 $<0.5^{\circ}\text{C}$ (或规定时间),释冷循环试验应结束,认为蓄冷循环试验所蓄的冷量已全部释放,所释放的冷量即为名义蓄冷量 Q_{IC} ,并记录释冷所消耗掉的总电量 $\sum A'_{IS}$ 和 $\sum A_{IS}$;同时记录整个循环所需时间。

B.3.2 测试循环周期**B.3.2.1 蓄冷循环试验**

试验开始,系统应达到完全放冷状态,蓄冷空调系统按设计工况条件,主机稳定运行,放热侧条件为现场达规定时间或安全保护执行器动作,蓄冷循环试验应结束。在此期间测量输入总电量 $\sum A'_X$ 与 $\sum A_{IX}$ 同时记录试验期间传热流体最低温度(通常是试验结束时的温度)。

B.3.2.2 释冷循环试验

试验开始,系统应达到完全蓄冷条件后,按设计要求开动供冷系统,直至系统蓄冷装置(或换热器供冷系统一侧)进出口水温相差 $<0.5^{\circ}\text{C}$,释冷循环试验应结束。认为蓄冷循环试验所蓄的冷量已全部释放,所释放的冷量即为名义蓄冷量 Q_{IC} ,并记录释冷循环所消耗的总电量 $\sum A'_{IS}$ 和 $\sum A_{IS}$;同时在试验记录中记录试验日逐时冷负荷;还需记录系统消耗的总电量 $\sum A_{TIS}$ (包括供冷系统用电)和冷冻水的压力降。若要确定净可利用蓄冷量,制冷主机不供冷,全部由蓄冷装置提供,在蓄冷装置(或换热器供冷系统一侧)出水达最可利用的温度偏差 $<0.5^{\circ}\text{C}$ 。

B.4 COP_{ice}

蓄冷性能系数 COP_{ice} 按公式(3)进行计算。

B.5 释冷特性曲线

按 B3.2 释冷循环试验的所得数据绘制出释冷量随时间变化规律。图中标注试验条件,曲线示意图如图 1 所示;或按释放冷量与系统蓄冷总量比随时间变化规律来作图。

B.6 规定

B.6.1 测试次数和间隔

至少应进行两个释冷、蓄冷循环试验,测定时间间隔不大于 30 min;计算数据取两次以上测试数据的算术平均值。

B.6.2 测点位置

测点选择为蓄冷装置、制冷设备、换热器管路的入口与出口处。

进行电气测定时,测点选择应能对制冷设备、水泵、风机等设备的电气参数分别测试和计算。

流量测点位于蓄冷装置(或换热器)进口直管段至少有 3 倍管径处,和出口直管段至少有 4 倍管径处。

B.6.3 现场测试检测仪表的要求

超声波流量计	精度 1 级,综合误差 $<\pm 2\%$;
温度测量仪	分辨率 0.1°C 二级精度;
电能综合测试仪	精度 1 级,综合误差 $<\pm 2\%$;
电工测量仪表	精度 1 级(包括:电压、电流、功率、功率因数表),综合误差 $<\pm 2\%$;
其他测量仪表	精度 1 级,综合误差 $<\pm 2\%$ 。

附 录 C
(规范性附录)
修 正 规 则

本规则仅对放热侧条件和大温差设计与标准条件不符时,作为修正 COP_{ice} 值之用。

C.1 对现场测试放热侧条件不符合表 1 所示数值的修正。

a) 风冷式,环境温度低于(高于) 35°C ,按每低(高)于 1°C , COP_{ice} 降低 1%(提高 1%)来修正。

b) 水冷式,冷却水进出水平均温度,每低(高)于 1°C , COP_{ice} 降低 1%(提高 1%)来修正。

C.2 对大温差设计条件的修正。

冷水供水温度(T_1)小于 7°C ,每降低 1°C , COP_{ice} 提高 3%修正。

附录 D
(规范性附录)
经济评价估算方法

D.1 目的

本附录旨在确定经济评价用无蓄冷功能的空调系统估算方法以及蓄冷空调系统和无蓄冷空调系统在整个供冷季节输入电量和运行电费估算方法。

D.2 经济评价用无蓄冷功能的空调系统估算方法

D.2.1 无蓄冷功能的空调系统估算应在与蓄冷空调系统在同一运行环境、相同逐时冷负荷、相同供冷系统和相同供回水条件下进行。

D.2.2 无蓄冷功能的制冷系统的制冷设备制冷量(Q_0'),按设计日逐时冷负荷最大值乘上蓄冷空调系统的制冷设备选型时相同的裕度系数来选择。

D.2.3 无蓄冷功能的制冷系统的制冷设备容量(Q_0')与制冷蓄冷系统的制冷设备容量(Q_0)之比,称为容量放大系数 K ,用公式表示为:

$$K = Q_0' / Q_0 \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

无蓄冷功能的制冷系统各组成设备的容量就等于相对应的制冷蓄冷系统各组成设备容量乘上容量放大系数 K ,用公式表示如下:

$$N_{wi} = kN_{yi} \quad \dots\dots\dots(D.2)$$

式中:

$$\sum_{i=1}^n N_{wi} = \sum_{i=1}^n KN_{yi}$$

N_{wi} 、 N_{yi} ——分别为无蓄冷功能的制冷系统和相对应的制冷蓄冷系统各组成设备的容量,单位为千瓦(kW)。

D.2.4 无蓄冷功能的制冷系统的价格和供配电工程费等于相对应的制冷蓄冷系统设备价格和供配电工程费乘上容量放大系数 K ,用公式表示如下:

$$C_{wi} = KC_{yi} \quad \dots\dots\dots(D.3)$$

式中:

$$\sum_{i=1}^n C_{wi} = \sum_{i=1}^n KC_{yi}$$

C_{wi} ——为无蓄冷功能的制冷系统各组成设备的价格和供配电工程费,单位为万元;

C_{yi} ——为无蓄冷功能的制冷系统相对应的制冷蓄冷系统各组成设备的价格和供配电工程费,单位为万元。

以上为制冷蓄冷系统和无蓄冷功能的制冷系统相对应部件的估算方法;但两者尚有不对应的部件,则按市场价来估算。

D.3 整个供冷季节输入电量和运行电费估算方法

按 ARI550/590,空调各冷负荷占全年整个供冷季节总运行时间的比例,列于表 D.1,在不同冷负荷占全年整个供冷季节总运行时间百分比表:

表 D.1 整个供冷季节总运行时间百分比表

冷负荷/%	100%设计负荷	75%设计负荷	50%设计负荷	25%设计负荷
占运行总时间/%	1	42	45	12

100%设计负荷为本标准 B3.2.2 释冷循环试验所记录的试验日逐时冷负荷,在进行空调系统全年

耗电量和运行电费计算时,采用按各冷负荷运行出现的概率,作为加权平均系数的概念来计算。加权系数按表 D.1 取值,即设计负荷工况为 0.01,依次类推为 0.42、0.45、0.12。空调系统某量值年数值按式 (D.4)、式(D.5)计算。

$$T = (0.01 \times T_1 + 0.42 \times T_2 + 0.45 \times T_3 + 0.12 \times T_4) \tau \quad \dots\dots\dots(D.4)$$

$$\tau = \sum t_{Yi} / \sum t_i \quad \dots\dots\dots(D.5)$$

式中:

$\sum t_{Yi}$ ——为整个供冷季节运行小时数;

$\sum t_i$ ——为一个设计循环周期运行小时数;

τ ——为整个供冷季节设计循环周期数,单位为次。

D.3.1 年转移峰电量 ΔA_{Yf}

年转移峰电量为整个供冷季节在电网峰荷时段输入无蓄冷功能的制冷系统各运行设备的总电量与输入制冷蓄冷系统各运行设备的总电量之差,用公式(4)计算。 A_{Ywf} 、 A_{Yf} 计算公式如下:

$$A_{Ywf} = (0.01 \times A_{Ywf1} + 0.42 \times A_{Ywf2} + 0.45 \times A_{Ywf3} + 0.12 \times A_{Ywf4}) \tau \quad \dots\dots(D.6)$$

$$A_{Yf} = (0.01 \times A_{Yf1} + 0.42 \times A_{Yf2} + 0.45 \times A_{Yf3} + 0.12 \times A_{Yf4}) \tau \quad \dots\dots(D.7)$$

式中:

A_{Ywf1} (A_{Yf1})、 A_{Ywf2} (A_{Yf2})、 A_{Ywf3} (A_{Yf3})和 A_{Ywf4} (A_{Yf4})——分别为无蓄冷功能的制冷系统(制冷蓄冷系统)在设计冷负荷、75%设计冷负荷、50%设计冷负荷、25%设计冷负荷下,一个循环周期内电网峰荷时段输入系统各运行设备的总电量,由 D.4 计算表,按表 D.2 进行主机与蓄冷装置冷负荷分配,按表 D.3 进行输入电量与运行电费计算。

D.3.2 年转移峰电量率(X_{Yd}),用公式(5)计算。

D.3.3 年谷电利用率(Y_{Yd})

该指标为制冷蓄冷系统的指标,按定义用公式(8)计算:

式中:

Y_{d1} 、 Y_{d2} 、 Y_{d3} 、 Y_{d4} ——分别为在一个循环周期内,设计负荷工况、75%负荷工况、50%设计负荷工况和 25%设计负荷工况下谷电利用率。按公式(8)计算。

D.3.4 年输入总电量(A_{YT})

该指标为蓄冷空调全年输入总电量,(应为制冷蓄冷系统和供冷系统两部分全年输入总电量),按定义用式(D.8)表示:

$$A_{YT} = (0.01 \times D_{T1} + 0.42 \times D_{T2} + 0.45 \times D_{T2} + 0.12 \times D_{T4}) \tau \quad \dots\dots\dots(D.8)$$

式中:

D_{T1} 、 D_{T2} 、 D_{T2} 、 D_{T4} ——分别为设计负荷工况、75%负荷工况、50%设计负荷工况和 25%设计负荷工况下在一个循环周期内,各运行设备输入电量之和。

D.3.5 年节约运行电费(ΔV_{YT});按定义用式(D.9)表示:

$$\Delta V_{YT} = V_{YTW} - V_{YT} \quad \dots\dots\dots(D.9)$$

式中:

V_{YTW} (V_{YT})——分别为无蓄冷功能的制冷系统(制冷蓄冷系统)年运行电费。

$$V_{YTW} = (0.01 \times V_{YTW1} + 0.42 \times V_{YTW2} + 0.45 \times V_{YTW3} + 0.12 \times V_{YTW4}) \tau \quad \dots\dots(D.10)$$

$$\text{而 } V_{YT} = (0.01 \times V_{YT1} + 0.42 \times V_{YT2} + 0.45 \times V_{YT3} + 0.12 \times V_{YT4}) \tau \quad \dots\dots(D.11)$$

式中:

V_{Ywf1} (V_{Yf1})、 V_{Ywf2} (V_{Yf2})、 V_{Ywf3} (V_{Yf3})和 V_{Ywf4} (V_{Yf4})——分别为无蓄冷功能的制冷系统(制冷蓄冷系统),在一个循环周期内在设计冷负荷、75%设计冷负荷、50%设计冷负荷、25%设计冷负荷工况下运行电费。

D.4 计算表

为得到在设计负荷工况(75%设计负荷工况、50%设计负荷工况和25%设计负荷工况)下的各运行设备输入电量或运行电费,可按表D.2进行负荷分配和按表D.3计算输入电量和运行电费。

D.4.1 表D.2中负荷分配表

表中第二列为逐时冷负荷。设计负荷工况下的冷负荷为设计日逐时冷负荷值。对75%设计负荷工况下的数值,为0.75乘设计日逐时冷负荷值获得。对50%、25%设计负荷工况下的数采用相同办法处理。

表D.2 荷分配表

时 段	空调需冷量/ kW	系统供冷量			蓄冷量/(kW·h)
		制冷供冷/kW	融冰供冷/kW	合计供冷/kW	
0:00~1:00					
1:00~2:00					
2:00~3:00					
3:00~4:00					
4:00~5:00					
5:00~6:00					
6:00~7:00					
7:00~8:00					
8:00~9:00					
9:00~10:00					
10:00~11:00					
11:00~12:00					
12:00~13:00					
13:00~14:00					
14:00~15:00					
15:00~16:00					
16:00~17:00					
17:00~18:00					
18:00~19:00					
19:00~20:00					
20:00~21:00					
21:00~22:00					
22:00~23:00					
23:00~24:00					
合计					

注1:负荷分配的原则:

- a) 用尽蓄冷量;
- b) 按当地电力部门用电时段规定用足谷电时间蓄冷,在确保满足释冷期间冷负荷前提下,尽量减少峰荷时段开启制冷设备。
- c) 在低冷负荷期间,若冷负荷小于当地谷电时段制冷蓄冷系统蓄冷量,则应需多少就蓄多少,不必用足谷电时段。

注2:本表格为二十四小时为一设计循环周期而定,其他设计循环周期可按此表格格式制作。

D.4.2 表 D.3——运行输入电量和运行电费表

表中第二列为冷负荷,见 D.4.1 表,第三列为主机输入功率。输入功率随冷负荷的变化按注解 3 执行,第四(五)列为冷却水泵(冷却塔)的输入功率。输入功率随冷负荷变化也按注解 3 执行。计算结果登录于表 D.4。

表 D.3 运行输入电量和运行费用

时 段	负荷/kW	主机/kW	冷却水泵/ kW	冷却塔/ kW	耗电/ (kW·h)	电价/元 (kW·h) ⁻¹	小时电费/ 元
0:00~1:00							
1:00~2:00							
2:00~3:00							
3:00~4:00							
4:00~5:00							
5:00~6:00							
6:00~7:00							
7:00~8:00							
8:00~9:00							
9:00~10:00							
10:00~11:00							
11:00~12:00							
12:00~13:00							
13:00~14:00							
14:00~15:00							
15:00~16:00							
16:00~17:00							
17:00~18:00							
18:00~19:00							
19:00~20:00							
20:00~21:00							
21:00~22:00							
22:00~23:00							
23:00~24:00							
合计							

表 D.4 计算结果登录表

项 目	$\sum A_{ir}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	$\sum A_{ig}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	$\sum A_{ip}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	$\sum A_i/(\text{kW}\cdot\text{h})$	运行电费/元	$Y_d = \sum A_{ig}/\sum A_i$
数值						

注 1:表 D.2、表 D.3 为针对冰盘管外融化方式的表格,其他蓄冰方式可参照上表,增删内容。

注 2:设计冷负荷为测试日所实测获得之冷负荷;75%设计冷负荷为各逐时冷负荷各自乘上 0.75 系数;其他依此类推。

注 3:冷负荷变化时,计算制冷蓄冷系统主机、水泵和冷却塔等耗功的规则:

- a) 负荷变化时,制冷蓄冷系统主机 COP 值不变,则在冷负荷变化时制冷设备耗功随冷负荷下降按 COP 值不变规则而变化;若设备制造厂给出 COP 值随负荷变化规律,则制冷设备耗功就按 COP 变化规则($N = Q/COP$)而变化;
- b) 冷却水泵、冷却塔耗功不随冷负荷而变化为一定值;冷冻水泵、乙二醇泵随冷负荷变,遵循制冷设备随冷负荷变化的规则而变,但冷负荷 $<60\%$ 后就为常值;
- c) 若设计中制冷蓄冷系统、冷冻水泵、冷却水泵、乙二醇泵和冷却塔的配置方案便于计算耗功,就按配置方案来估算。

注 4:ARI 550/590 所给全年的空调负荷运行时数分布数据,为一个统计数据;实际上全年空调负荷运行时数的分布数据随不同气象条件、不同建筑物、不同功能等而变化。如果有当地合适的资料,可不按照 ARI 550/590 的数据,采用合适的系数即可。

附录 E
(资料性附录)
——质量测试站

检 验 报 告

编 号：_____

产品名称：_____

检验类别：_____

受检单位：_____

委托单位：_____

检测站公章：

报告发送日期：_____年____月____日

注 意 事 项

1. 对检验报告若有异议,应于收到报告之日起 15 日内向检验单位提出书面意见,逾期不予受理。
2. 报告未加盖检验单位鲜公章和联页章无效。
3. 复制报告未重新加盖检验单位鲜公章无效。
4. 报告涂改无效。
5. 委托检验仅对来样负责。检验报告有效期壹年。
6. 监督检验,系按规定执行的监督性检验,检验结果供有关部门了解生产质量情况。
7. 仲裁检验,系指对标准局、人民法院或工商行政管理部门委托的有质量争议的产品进行检验,其检验结果作为仲裁部门质量判定的依据。
8. 如对本报告无异议,应于收到报告之日起一个月内携带取样凭证取回样品,逾期不取者,作放弃论处,样品则由本单位自行处理。

地址:

电话:

邮政编码:

传 真:

检 验 报 告

报告编号：

共 4 页 第 1 页

产品名称		规格型号	
生产单位		商 标	
检验类别		样品等级	
委托单位		样品来源	
通讯地址		抽样人员	
受检单位		抽样地点	同受检单位
抽样时间		抽样依据/抽样方法	
送样时间		样本数量/样本基数	
检测时间		样本批号/出厂日期	
检验设备			
检验内容			
检验依据			

检验结论：

签发日期： 年 月 日

检验人：
质量负责人：

校核人：
技术负责人：

性能测试报告：

共 4 页 第 2 页

试 件 介 绍					
制造厂名称		地址			
系统主要组成设备					
设备名称	型号	规格	耗功/kW	数量	生产厂商
双工况主机					
冷冻水泵					
冷却水泵					
冷却塔					
初级乙二醇泵					
次级乙二醇泵					
乙二醇溶液					
蓄冷装置尺寸					
蓄冷介质					
换热器					
注：1) 换热器最高运行压力和温度； 2) 蓄冷容器最高运行压力和温度； 3) 传热流体的流量限制； 4) 其他					

序号	测试内容	单位	设计值	测试值	结论	备注
1	名义蓄冷量(Q_{ic})	kW·h				
2	蓄冷性能系数 COP_{ice}					
3	净可利用蓄冷量(Q_o)	kW·h				
4	年转移峰电量(ΔA_{Yf})	kW·h				
5	年转移峰电量率(X_{Yd})					
6	年谷电利用率(Y_{Yd})					
7	电力移峰量(ΔN_f)	kW				
8	电力移峰率(X_d)					
9	年总耗电量 A_{Yr}	kW·h				
10	静态差额投资回收期 T_T	年				

其他说明：

报告编号：

共 4 页 第 4 页

试验系统介绍

(增加环境条件说明)

参 考 文 献

本标准在编制过程中非等效采用参阅了：

1. ARI900—1998<REFRIGERATING THERMAL STORAGE EQUIPMENT>
2. JIS B 8624—1993<Ice thermal storage Systems-Vocabulary>
3. JIS B 8625—1993<Ice thermal storage units for air conditioning purpose-Test methods>

北京地区推广蓄能用电项目评估方法

4. 制冷工质热物理性质和图(SI制) 机械工业出版社
5. 新制冷工质热力性质图和表 上海交通大学出版社

注：乙二醇水溶液热力参数可使用折射率的测量值也可采用比重法测得的值。
