

ICS 27.200
J 73
备案号: 32073—2011

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 11133—2011

水冷冷水机组管壳式冷凝器
胶球自动在线清洗装置

Chiller condenser tube automatic on-line rubber ball cleaning equipment

2011-05-18 发布

2011-08-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 型式与基本参数.....	3
4.1 型式.....	3
4.2 型号.....	3
5 要求.....	3
5.1 一般要求.....	3
5.2 主要设备要求.....	4
5.3 安全要求.....	5
5.4 性能要求.....	5
6 适用条件.....	5
7 试验方法.....	6
7.1 测量仪表.....	6
7.2 试验.....	6
8 检验规则.....	7
8.1 一般要求.....	7
8.2 检验分类.....	7
8.3 出厂检验.....	7
8.4 型式检验.....	7
9 标志、包装、运输和贮存.....	8
9.1 标志.....	8
9.2 包装.....	8
9.3 运输.....	8
9.4 贮存.....	8
附录 A（资料性附录）冷水机组冷凝温度和温度端差对冷水机组性能的影响.....	9
图 1 工作原理一.....	2
图 2 工作原理二.....	2
图 A.1 蒸气压缩制冷循环的 $\lg p-h$	10
表 1 清洗装置的组成.....	4
表 2 测量仪表的型式及准确度.....	6
表 3 清洗装置的使用性能数据.....	7
表 4 检验项目.....	7
表 A.1 冷凝温度对逆卡诺循环制冷系数的影响.....	9
表 A.2 冷凝温度对理论制冷循环制冷系数的影响.....	9

前 言

本标准附录 A 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国冷冻空调设备标准化技术委员会（SAC/TC238）归口。

本标准主要起草单位：深圳市勤达富节能技术有限公司、华南理工大学。

本标准主要起草人：倪永刚、刘金平、张亚军、王海鹏、谭卫湘、刘雪峰、张永康、刘文飞。

本标准是首次发布。

水冷冷水机组管壳式冷凝器胶球自动在线清洗装置

1 范围

本标准规定了水冷冷水机组管壳式冷凝器胶球自动在线清洗装置（以下简称“清洗装置”）的术语和定义、型式与基本参数、要求、适用条件、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于水冷冷水机组管壳式冷凝器胶球自动在线清洗装置，同时也适用于水冷冷水机组管壳式满液蒸发器胶球自动在线清洗装置，冷却水走管程温度不超过 80℃的水冷管壳式换热器胶球自动在线清洗装置也可参考使用。

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 151 管壳式换热器
- GB/T 191 包装储运图示标志（GB/T 191—2008，ISO 780：1997，MOD）
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级和2级（GB/T 3216—2005，ISO 9906：1999，MOD）
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 3853 容积式压缩机验收试验（GB/T 3853—1998，eqv ISO 1217：1996）
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 7251.8 低压成套开关设备和控制设备智能型成套设备通用技术要求
- GB/T 8163 流体输送用无缝钢管
- GB/T 11253 碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范
- HG/T 21637 化工管道过滤器
- JB/T 5296 通用阀门 流量系数和流阻系数的试验方法
- JB 8654 容积式和离心式冷水（热泵）机组 安全要求
- JB/T 9633 凝汽器 胶球清洗装置
- DL/T 581 凝汽器胶球清洗装置和循环水二次过滤装置
《压力容器安全技术监察规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水冷冷水机组管壳式冷凝器胶球自动在线清洗装置 **chiller condenser tube automatic on-line rubber ball cleaning equipment**

通过发球机将胶球送入水冷管壳式冷凝器中，胶球依靠水压差随冷却水在换热管内流动，通过与换

热管内壁的摩擦，从而擦洗掉换热管内壁的污垢，在出口端通过捕球器回收胶球至发球机形成一个清洗循环，并通过电气控制器控制清洗频率，达到自动在线定期清洗功能，保证冷凝器的清洁度，降低污垢热阻，提高传热系数的装置。清洗装置的工作原理如图 1 和图 2 所示。

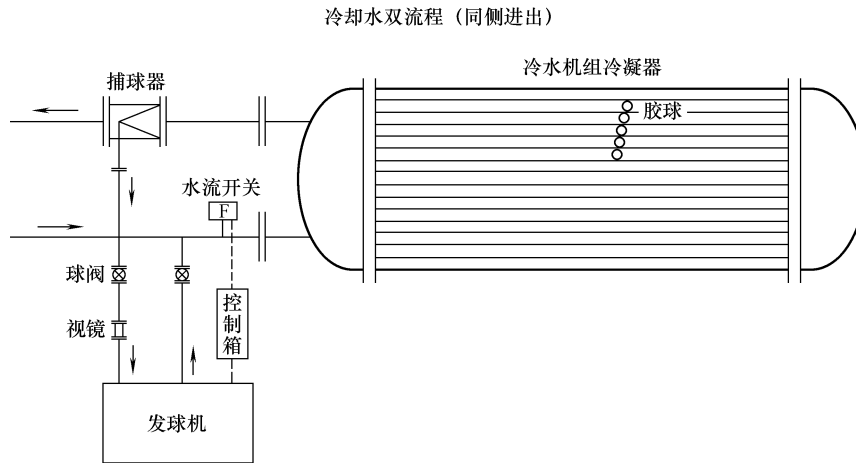


图 1 工作原理一

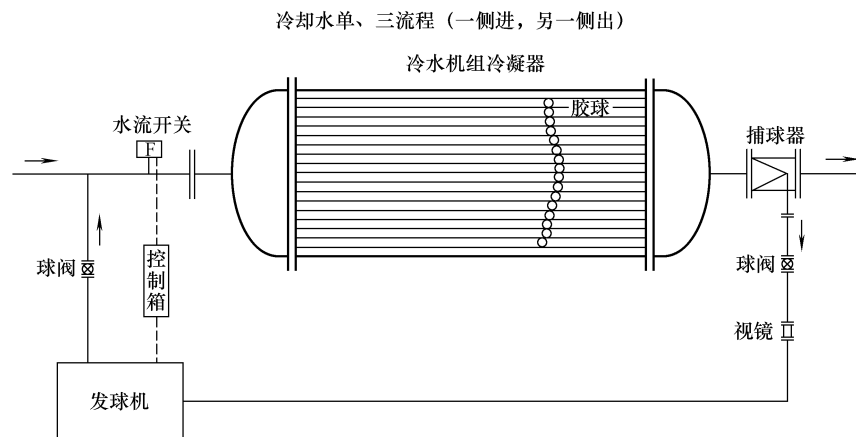


图 2 工作原理二

3.2

发球机 injector

提供发送、回收胶球的动力机构。

3.3

捕球器 ball trap

收集胶球的机械机构，安装在冷凝器的出口端管道上。

3.4

电气控制器 controller

用于控制发球机收发球清洗动作的电气单元，可设定清洗频率、清洗周期等参数。

3.5

胶球 rubber ball

改性后的天然橡胶发泡成型，用于擦洗换热管内壁的污垢。

3.5.1

干燥状态下的胶球 dry rubber ball

放置在空气中的未吸水胶球。

3.5.2

湿态胶球 wet rubber ball

处于吸足水状态下的胶球。

3.5.3

湿态胶球视相对密度 relatively density of wet rubber ball

湿态胶球密度与水的密度之比。

3.6

投球量 quantity of working rubber ball

指投入运行的胶球数量，是冷凝器每一流程换热管数的 30%以上。

3.7

温度端差 Δt condenser approach temperature difference Δt

水冷冷水机组电流百分比为 100 %时，管壳式冷凝器壳程中制冷剂冷凝的温度与冷却水离开冷凝器的温度之差，该温差越小，代表冷凝器的换热效果越好（冷凝器的换热面越洁净）。

4 型式与基本参数

4.1 型式

4.1.1 按发球机的发球方式分类：

- 水泵；
- 水力压差；
- 压缩空气。

4.1.2 按捕球器型式分类：

- 直通型；
- Y 型；
- T 型；
- 其他。

4.1.3 按清洗装置的功能分类：

- 一拖一型；
- 一拖多型。

4.2 型号

清洗装置的型号可由制造商按捕球器的接口公称直径（单位 mm）来确定：150、200、250、300、350、400、450、500、600、700、800。每种型号适合的水流速不应大于 3.0 m/s 名义额定流速（特殊除外）。

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 清洗装置应符合本标准的规定，并按规定程序批准的图样和技术文件制造，也可按用户和制造厂的协议制造。

5.1.2 清洗装置的组成见表 1。

表 1 清洗装置的组成

序号	组成设备	发球机动力类型		
		水 泵	水 力	空压机
1	发球机	○	○	○
2	捕球器	○	○	○
3	胶球	○	○	○
4	电气控制器	○	○	○
5	视镜	○	○	○
6	水泵	○	△	△
7	空压机	△	△	○
8	水流开关	○	○	○
9	压力表	○	○	○
10	阀门	○	○	○

注：○表示应有；△表示根据需要。

5.1.3 清洗装置使用的材料应符合 GB/T 3280、GB/T 8163、GB/T 983、GB/T 11253、GB/T 12771、GB/T 5117 的规定。

5.1.4 清洗装置承压部分应按 GB 151 进行设计、制造、检验与验收，并接受《压力容器安全技术监察规程》的监察；清洗装置胶球过流部分内表面应设计光滑、无死区，工作时不应胶球造成机械损伤。

5.2 主要设备要求

5.2.1 发球机

- 发球机应参照 DL/T 581、JB/T 9633 进行机械加工、焊接和装配。
- 发球机应有排气和排水机构。
- 发球机应有加球和放球机构。

5.2.2 捕球器

- 捕球器制造工艺应参照 HG/T 21637 的要求。
- 捕球器应设计检修手孔，或设计结构方便清污检修。
- 捕球器应设计安装压力表，当压降超过许可值时要停机清污。
- 捕球器滤网的材质应采用不锈钢或等同的光滑、耐腐蚀的金属材质。
- 捕球器滤网的过滤孔径应不小于 3 mm。

5.2.3 电气控制器

- 清洗装置的电气控制器应布线合理、整齐，焊点牢固。
- 对被控对象所处的状态应具有清晰、正确的信号灯指示。
- 盘面或侧面宜配设简明的原理图。
- 程控装置应同时具备手控功能，并应满足生产流程要求。预设清洗频率和周期，实现自动在线清洗，并可现场调节频率和周期，现场起停。
- 有手动开关功能。
- 采用微处理器的机组控制系统，应具有抑制无线电或其他通信干扰信号的性能。

5.2.4 配套设备

清洗装置使用的水泵应符合 GB/T 3216 的要求，使用的空压机应符合 GB/T 3853 的要求，水流开关、压力表、阀门等应符合相应的标准规定。

5.2.5 胶球

5.2.5.1 胶球应耐磨、质地柔软富于弹性、材质均匀，气孔均匀贯通。干态胶球直径误差不大于公称直径的±2%且不超过±0.2 mm，湿态胶球视相对密度为 1.00~1.15，在使用期内及 5℃~45℃水温下胶

球直径胀大不应超标且不老化，湿态胶球直径比冷凝器换热管的内径大 1 mm~2 mm。胶球应耐腐蚀，在寿命期内性能不变。

5.2.5.2 当湿态胶球直径小于换热管内径，或温度端差的增量变化超过 0.3℃，或使用时间超过 8 000 h 时，应该更换新的胶球。

5.3 安全要求

5.3.1 清洗装置的电气安全保护元器件、绝缘电阻、耐电压性、电磁兼容性能等应符合 JB 8654 的规定。

5.3.2 清洗装置在进行耐湿试验后，绝缘电阻应不小于 1 MΩ，机组带电部位和可能接地的非带电部位之间的绝缘电阻值，额定电压单相交流 220 V、三相交流 380 V 时应不小于 1 MΩ。

5.3.3 清洗装置淋水绝缘性能应符合 JB 8654 的规定。

5.3.4 清洗装置电气控制器应符合 GB/T 3797、GB/T 7251.8 的要求。

5.3.5 发球机的电控系统的过流、短路保护功能在出现过电流或短路现象时能断路并发出声光报警，停电再复电后能自动恢复运行。

5.4 性能要求

5.4.1 发球性能

a) 清洗装置的发球速度应能保证所有胶球到达冷凝器前端板的时间差控制在 5 s 之内，使每个胶球能同时清洗不同的换热管。

b) 对于不同动力型式的发球机：

水泵式：水泵的扬程在 20 m 时流量应不小于 7 L/s，发球时间应小于 5 s。

水力式和空压机式：发球时间应小于 5 s。

5.4.2 捕球性能

a) 清洗装置应能正常回收胶球，不漏球、不积球。

b) 捕球器水阻：

当名义额定流速小于 3.0 m/s，在捕球网面清洁时，局部阻力损失应在 5 kPa 以内。

当小于名义额定流速及网面清洁及局部阻力系数 ζ 小于 2.2 时，局部阻力损失 Δp 可按公式 (1) 计算：

$$\Delta p = \zeta \frac{v^2 \rho}{2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Δp ——局部阻力损失，单位为帕 (Pa)；

v ——表示的水流速度，单位为米每秒 (m/s)；

ρ ——表示水的密度，单位为千克每立方米 (kg/m³)。

5.4.3 使用性能

用化学清洗或机械式毛刷捅炮机清洗冷水机组冷凝器换热管内壁，确认换热管内壁洁净无污后，在电流百分比为 100% 及额定工况下运行，清洗装置正常使用时，温度端差 Δt 的增加量应不大于 0.3℃ ± 0.1℃。温度端差对冷水机组性能的影响参见附录 A。

6 适用条件

6.1 冷却水温度：0℃~80℃。

6.2 清洗装置的运行条件：冷水机组冷却水和冷冻水入水口前应设置过滤孔径不大于 1.5 mm 的过滤器。

对于循环水泵设置在冷凝器和蒸发器入口处的设计方式，该过滤器可以设置在循环水泵进水口。

确保水中不应含粒径大于 1.5 mm 的杂质，以免造成换热管和捕球器的堵塞，阻止胶球的通过。

6.3 对于新系统：在设备正式启用前，应冲洗、清理整个管道系统（包括冷水机组冷却水和冷冻水入水口前的过滤器等），排除安装过程造成的系统中的焊渣、铁丝、木片、塑料以及管段、氧化皮等杂质，

排除系统中的黄锈水，确认换热管内壁洁净无污。

6.4 对于改造的系统：在设备正式启用前，应彻底清理换热管内壁的污垢。对于机械捅刷无法清理掉的污垢，要先采用化学清洗的方法，再进行机械捅刷，确认换热管内壁洁净无污。

7 试验方法

7.1 测量仪表

7.1.1 一般规定

试验用仪表应经检定合格，并在有效期内。

7.1.2 测量仪表的型式及准确度

测量仪表的型式及准确度，按表 2 的规定。

表 2 测量仪表的型式及准确度

类别	型式	准确度
温度测量仪表	玻璃水银温度计 热电偶 电阻温度计 半导体温度计	冷却水进、出口温度测量：±0.1℃ 环境温度测量：±0.5℃
压力测量仪表	精密压力表	制冷剂压力测量：0.1 级精密压力表 水压测量：0.4 级精密压力表
时间测试仪表	秒表	0.1 s
注：以准确度定义的测量仪表，其测量值应在仪表量程的 1/3~2/3 之间。制冷剂的冷凝温度通过测量冷凝压力查表换算得来。		

7.2 试验

7.2.1 液压试验

发球机和捕球器液压试验规定如下：

- a) 试验液体应为洁净的水。
- b) 试验压力为 1.25 倍的设计压力。
- c) 水温应不低于 5℃。
- d) 试验方法：
 - 1) 试验时顶部应设排气口，充水时应将其内的空气排尽。试验过程中观察表面应保持干燥。
 - 2) 试验时压力应缓慢上升，达到规定试验压力后，保压 10 min。然后降至设计压力，并保持足够长的时间对所有的焊接头和连接部位进行检查，以无渗透和无异变化为合格。
 - 3) 试验完毕后应将水排尽，并用干燥、洁净的压缩空气将内部吹干。

7.2.2 发球速度试验

手动起动发球机，同时用秒表开始计时，从视镜中目测所有胶球发出后，停止计时，同样方法做 3 次，取平均值。

7.2.3 捕球器水阻试验

捕球器的水阻试验按 JB/T 5296 的规定进行试验。

7.2.4 发球试验

按图 1 或图 2 的方式安装好清洗装置，在系统水质符合 GB 50050 的要求条件下，加入一定数量的合格胶球进行清洗装置的发球试验 3 次，每次都要通过发球机的放球口（或视镜处）检查胶球是否 100 % 发出，3 次 100 % 发出为合格。

7.2.5 捕球试验

按图 1 或图 2 的方式安装好清洗装置，在系统水质符合 GB 50050 的要求条件下，加入一定数量的

合格胶球进行清洗装置的收球试验 3 次, 每次都要通过清洗装置放球口(或视镜处), 检查胶球是否 100 % 收回, 打开捕球器检修手孔, 检查是否有漏球、积球现象, 3 次收球试验都为 100 % 收回, 即为合格。

7.2.6 使用性能试验

清洗装置的使用性能试验采用工业运行试验。

在循环水系统按 GB 50050 规定进行了循环水处理基础上, 用标准温度计校核冷水机组冷却水进、出口管路上的温度计偏差不超过 0.1℃, 冷水机组冷凝器内制冷剂的冷凝压力转换成温度后的指示值与标准压力表测试出的冷凝压力转换成温度后的数值偏差不超过 0.1℃, 安装清洗装置, 在机组电流百分比为 100 % 及额定工况下运行时, 持续测量冷凝器端差。若测量时机组电流百分比不是 100 %, 则需折算成机组电流百分比为 100 % 时的端差, 计算按公式 (2):

$$\Delta t = \frac{100 \times \Delta t_p}{I_p} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Δt_p ——测量时的冷凝器端差, 单位为摄氏度 (℃);

I_p ——测量时机组电流百分比。

清洗装置的使用性能数据记录见表 3。

表 3 清洗装置的使用性能数据

时 间	冷却水离开冷凝器温度 ℃	冷凝器内制冷剂的冷凝温度 ℃	温度端差 ℃	机组电流百分比 %	折算成机组电流百分比 为 100 % 时的温度端差

8 检验规则

8.1 一般要求

每台清洗装置应由制造企业质量检验部门检验合格后方可出厂。

8.2 检验分类

清洗装置的检验分为出厂检验、型式检验, 检验项目、要求和试验方法见表 4。

表 4 检验项目

序号	项 目	出厂检验	型式检验	要求	试验方法
1	发球机制造工艺	√	√	5.2.1	DL/T 581, JB/T 9633
2	捕球器制造工艺			5.2.2	HG/T 21637
3	电气安全			5.3.1	JB 8654
4	淋水绝缘性能	5.3.3			
5	电气控制器	√		5.3.4	GB/T 3797, GB/T 7251.8
6	液压试验	—		5.1.4	7.2.1
7	发球速度			5.4.1b)	7.2.2
8	捕球器水阻试验			5.4.2 b)	7.2.3
9	发球试验	√		5.4.1a)	7.2.4
10	捕球试验			5.4.2a)	7.2.5
11	使用性能			5.4.3	7.2.6

注: “√”表示需要, “—”表示不需要。

8.3 出厂检验

每台清洗装置均应进行出厂检验。

8.4 型式检验

新产品或定型产品作重大改进对性能有影响时, 第一台产品应进行型式检验。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 清洗装置上的铭牌应有产品名称、型号、商标、生产企业名称、执行标准号等标志，并标有电源的性质、额定电源电压（或电压范围）及主要参数。

9.1.2 产品运输包装箱上应有如下标志：

- a) 产品名称、型号、商标；
- b) 生产企业名称、地址；
- c) 产品标准号；
- d) 生产批号及编号；
- e) 印有防潮、向上、小心轻放、堆放层数等运输标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.2 包装

产品应有牢固的包装，并且有防震、防尘、防潮措施。经出厂检验合格的产品，应连同合格证、保修卡、使用说明书及有关随机文件、配套的附件等一同包装。

9.3 运输

包装完好的产品可用正常交通工具运输。运输时应注意防水、防尘和机械损伤。

9.4 贮存

产品应存放在环境温度 0℃~40℃，相对湿度不大于 80%，无腐蚀性气体，通风良好的仓库中。

附录 A
(资料性附录)

冷水机组冷凝温度和温度端差对冷水机组性能的影响

冷水机组的运行效率受蒸发温度和冷凝温度的影响，蒸发温度一定时，冷凝温度越高，其运行效率越低。

逆卡诺循环的制冷系数计算见公式 (A.1)：

$$\varepsilon_0 = \frac{q_0}{w_0} = \frac{T_0}{T_k - T_0} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- ε_0 ——逆卡诺循环的制冷系数；
- q_0 ——制冷量，单位为瓦 (W)；
- w_0 ——耗功率，单位为瓦 (W)；
- T_0 ——蒸发温度，单位为开 (K)；
- T_k ——冷凝温度，单位为开 (K)。

根据目前空调工况冷水机组的设计参数以及实际运行工况，假设逆卡诺循环的低温热源（蒸发）温度为 5.5℃，冷凝温度为 30℃，此时的制冷系数为 11.37。表 A.1 显示了冷凝温度对逆卡诺循环制冷系数的影响，冷凝温度升高 1℃，则制冷系数降低 3.92%~2.90%，且冷凝温度越低，影响越显著。

表 A.1 冷凝温度对逆卡诺循环制冷系数的影响

冷凝温度 °C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
制冷系数	11.37	10.93	10.52	10.13	9.78	9.45	9.14	8.85	8.57	8.32	8.08
冷凝温度升高 1℃ 制冷系数降低百分数 %	—	3.92	3.77	3.64	3.51	3.39	3.28	3.17	3.08	2.99	2.90

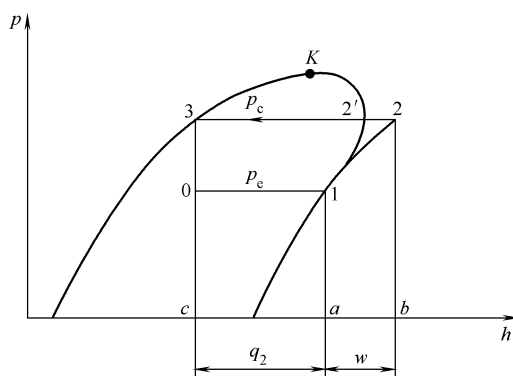
对图 A.1 所示的蒸气压缩理论制冷循环进行计算，制冷剂为 R134a，根据目前空调工况冷水机组的设计参数，设蒸发温度为 5.5℃，冷凝温度为 30℃，进压缩机前的制冷剂蒸气过热度为 3℃，冷凝器出口制冷剂液体的过冷度为 2℃，取压缩过程的等熵绝热效率为 0.8，此时的理论制冷系数为 8.02，表 A.2 显示了冷凝温度对理论制冷循环制冷系数的影响。

表 A.2 冷凝温度对理论制冷循环制冷系数的影响

冷凝温度 °C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
制冷系数	8.02	7.66	7.33	7.02	6.73	6.47	6.22	5.98	5.76	5.55	5.36
冷凝温度升高 1℃ 制冷系数降低百分数 %	—	4.46	4.32	4.19	4.08	3.97	3.87	3.78	3.69	3.61	3.54

综上所述，实际运行的水冷式冷水机组的冷凝温度在 31℃~40℃ 范围内时，冷凝温度每增加 1℃，压缩机单位制冷量的功耗率约增加 3.54%~4.46%。

当冷却水进、出水温度不变时，冷凝温度升高相当于冷凝器温度端差增大，即实际运行的水冷式冷水机组的冷凝器温度端差增大 1℃，压缩机单位制冷量的功耗率约增加 3.54%~4.46%。



图中：

理论制冷循环：1→2→2'→3→0→1；其中 1→2 为压缩机内的压缩过程；2→2'→3 为冷凝器内的冷凝放热过程；3→0 为节流阀内的绝热节流过程；0→1 为蒸发器内的制冷吸热过程。

p ——压力； h ——比焓； q_2 ——单位质量制冷剂的制冷量； w ——单位质量制冷剂的耗功率； p_e ——蒸发压力； p_c ——冷凝压力； k ——临界点。

图 A. 1 蒸气压缩制冷循环的 $\lg p-h$

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
水 冷 冷 水 机 组 管 壳 式 冷 凝 器
胶 球 自 动 在 线 清 洗 装 置

JB/T 11133—2011

*

机械工业出版社出版发行
北京市百万庄大街 22 号

邮政编码：100037

*

210mm×297mm·0.75 印张·25 千字

2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定价：15.00 元

*

书号：15111·10203

网址：<http://www.cmpbook.com>

编辑部电话：(010) 88379778

直销中心电话：(010) 88379693

封面无防伪标均为盗版

版权专有 侵权必究