

蓄冰空调系统水力平衡解决方案

欧文托普阀门系统(北京)有限公司 王卓[☆] 李继来

摘要 分析了并联系统、串联内融冰系统及串联外融冰系统等常见蓄冰系统中可能出现的水力失调问题,提出了相应的解决方案。

关键词 蓄冰系统 水力失调 平衡阀 解决方案

Solution of hydraulic balance in ice storage systems

By Wang Zhuo[★] and Li Jilai

Abstract Analyses the hydraulic imbalance problems in common ice storage systems such as parallel system, series internal ice-melting system and series external ice-melting system, and gives corresponding solutions.

Keywords ice storage system, hydraulic imbalance, balance valve, solution

★ Oventrop Valves & Systems (Beijing) Co., Ltd., Beijing, China

①

在蓄冰空调系统中消除水力失调现象是必须解决的问题,特别是在大型复杂项目中,水力平衡措施尤为重要。本文提出几种常规蓄冰空调系统水力平衡的解决方案,供大家借鉴。

1 蓄冰系统设计概述

蓄冰空调系统应根据设计日空调负荷及所选择蓄冰设备的特性进行设计。无论哪一种系统都应满足以下 4 个基本运转模式: 1) 制冷机组单蓄冰(有时需同时供冷); 2) 制冷机组单独供冷; 3) 蓄冰设备释冷; 4) 制冷机组与蓄冰设备同时供冷、释冷。

当建筑物需要在夜间供冷时,可采用加基载主机法或分流法。加基载主机法为在冷水系统中增设常规空调冷水机组;分流法是指在蓄冰过程中将一部分低温二次冷媒分流到换热器中,所得冷水供空调末端使用。

2 蓄冰系统的配置及水力平衡方案

通常采用换热器(板式)将冷水系统与蓄冰系统隔开,二次冷媒一般为乙烯乙二醇水溶液,这样蓄冰设备可以免受空调冷水系统过高的静压。

2.1 冷水末端系统侧水力平衡方案

因为是异程系统,末端调控及工况变化会造成系统变水量。所以在末端系统上会根据系统和项

目的不同加设各种平衡阀装置及自力式、电动调节阀。

2.2 蓄冰系统机房侧水力平衡方案

蓄冰系统的制冷机组与蓄冰设备所组成的系统可以根据工程实际情况配置,种类很多,不同的蓄冰方式有不同的系统配置,而且如果夜间需要供冷还有基载主机的配置需要,基载主机放在板式换热器一次侧还是二次侧对系统的配置也有影响,系统配置方式有多种。

根据主机及蓄冰槽的连接方式不同,可将蓄冰系统分为并联系统、串联内融冰系统、串联外融冰系统 3 种。

2.2.1 并联系统

2.2.1.1 并联系统分析

图 1 所示为并联系统,全系统由两部分组成,一部分为空调用冷水系统,介质为水;另一部分为乙二醇水溶液系统(图中虚线框内部分),可进

①☆ 王卓,男,1982 年 4 月生,大学

100176 北京市经济技术开发区同济中路 5 号欧文托普阀门系统(北京)有限公司

(010) 67883203 (0571) 88385805

E-mail: zhejiang@oventrop.com.cn

收稿日期:2010-05-05

修回日期:2010-05-06

行蓄冰或供冷。同时,本系统还设计了二次基载主机,目的是为了讨论二次基载主机处的平衡配置。

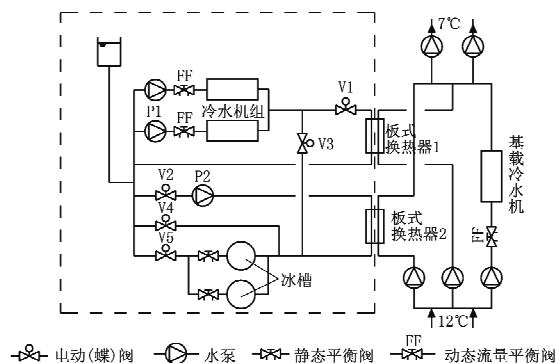


图1 并联系统

各种运行工况见表1。

表1 并联系统运行工况

	阀 V1	阀 V2	阀 V3	阀 V4	阀 V5
蓄冰	关	关	开	关	开
制冷机供冷	开	关	关	关	关
蓄冰槽供冷	关	开	关	调节	调节
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	开	关	调节	调节

2.2.1.2 并联系统中可能出现的水力失调问题及解决方案

并联系统由于较串联系统更复杂,所以水力失调现象会更多,下文着重对并联系统进行分析,逐一列出可能出现的水力失调及其解决方案。

1) 二次基载主机夜间直接供冷时,有可能出现设备流量过大的问题,严重时会造成空调表冷器结冰,直接影响冷水机组的寿命。解决方案:在基载主机进口处安装动态流量平衡阀,限定最大工作流量,保护主机稳定运行。

2) 如果放置蓄冰槽的场所几何形状不规则或者系统比较大、比较复杂,并联冰槽之间存在的静态水力失调现象会比较严重。由于水力不平衡造成的每个冰槽的蓄冰融冰速率差异将是直接影响蓄冰和制冷效果的一大重要因素。解决方案:在每个蓄冰槽处安装静态平衡阀,通过调试保证每个蓄冰槽的流量比达到设计流量比。如果由于某些原因无法在每个蓄冰槽上安装平衡阀,可以通过划分小区域,几个相邻蓄冰槽安装一个静态平衡阀来控制每块小区域之间的阻力平衡。这样也可以基本消除静态水力失调。

3) 并联蓄冰用双工况主机一般选用同规格型号主机,如果同时并联多台主机,特别是多台水泵、

一根主管、多台主机的系统,彼此之间很有可能会出现因管路阻力不同而造成的静态水力失调现象,影响蓄冰和制冷的效率,严重时还会出现某台设备流量过大造成表冷器结冰,影响主机寿命的情况。解决方案:通常情况下,由于主机的流量需要稳定,可以考虑在主机进口安装动态流量平衡阀,恒定主机流量,保护主机。如果泵 P1 需要变频,则建议在每台主机进口安装静态平衡阀,通过调试保证每台主机的阻力平衡。

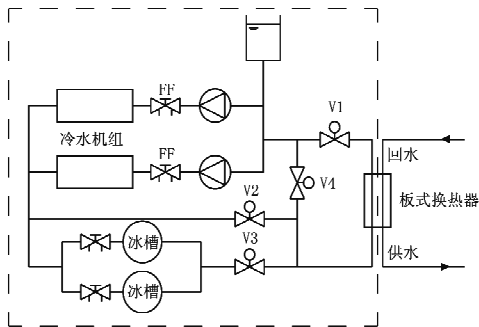
4) 在并联系统中从制冷机供冷转到蓄冰工况时,泵 P1 要克服的阻力从主机+板式换热器变成了主机+蓄冰槽。由于板式换热器的阻力一般比蓄冰槽大,所以在选型时,一般按主机+板式换热器的阻力来选择水泵的扬程。这样在蓄冰工况时,泵 P1 必然会偏离最佳效率点,导致水泵功耗大增。通常情况下,假定主机阻力为 100 kPa,板式换热器阻力为 100 kPa,蓄冰槽阻力为 30 kPa,制冷机供冷时流量为 100%,那么在蓄冰工况时,由于阻力变小,流量增大到 130% 左右,水泵极可能进入低效区^[1]。如果在蓄冰槽处安装了静态平衡阀,一方面通过调试平衡了各蓄冰槽之间的流量分配,另一方面又增加了蓄冰槽相对板式换热器的阻力比。此时安装了静态平衡阀的蓄冰槽的阻力为 80 kPa,那么在蓄冰工况下的流量在 105% 左右,水泵基本不会进入低效区。

5) 对于并联板式换热器数量比较多,或者受场地影响各并联板式换热器没办法做到同程的情况下,可以在各并联板式换热器一次进口处安装静态平衡阀,来解决各板式换热器间的阻力平衡。

2.2.2 串联内融冰系统

2.2.2.1 串联单泵系统分析

图 2 为串联单泵系统。对于串联系统来说,制冷主机可位于蓄冰槽上游,此时,制冷主机出水温度较高,蓄冰槽进出水温度较低,制冷主机效率较高。但对冰槽来说由于融冰温差小,取冰效率较低,常会造成“万年冰”,冷量不能充分释放,尤其对融冰特性不理想的冰槽更为明显,常造成供水温度过高,可供应的负荷量减小,不能满足用户要求。如果制冷主机位于蓄冰槽下游,则情况正好相反,融冰效率高,制冷主机效率低。



图例同图1

图 2 串联单泵系统

各种运行工况见表 2。

表 2 串联单泵系统运行工况

	阀 V1	阀 V2	阀 V3	阀 V4
蓄冰	关	关	开	开
制冷机供冷	开	开	关	关
蓄冰槽供冷	开	调节	调节	关
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	调节	调节	关

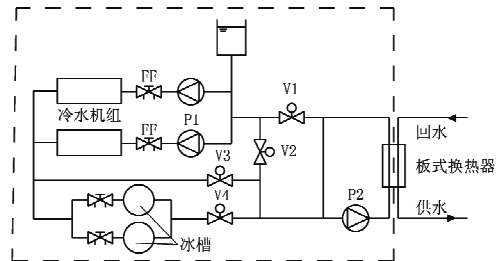
2.2.2.2 串联单泵系统中可能出现的水力失调问题及解决方案

串联系统相对较简单,但是水力失调情况也存在。由于常常采用“主机上游”布置,造成的取冰效率较低的问题比较严重。所以,对于串联系统来说,应该把蓄冰槽的水力平衡问题放在首要考虑的位置,即在蓄冰槽处安装静态平衡阀。串联单泵系统的一个弊病就是在制冷机与蓄冰槽同时供冷的工况下,系统阻力较大。若按此阻力选泵,那么在蓄冰工况下,水泵的实际工作点很有可能进入低效区。制冷主机进口处可以安装动态流量平衡阀,用来恒定主机流量,起到保护主机的作用。另外,某些集成商也会采用水泵变频控制,这种系统下,主机进口处应该安装静态平衡阀,通过调试保证每台主机的流量比值满足设计要求。

2.2.2.3 主机上游串联双循环系统分析

为了解决串联单泵系统的一些问题,串联双循环系统应运而生。串联双循环系统是近年来应用比较多的蓄冰系统。因为在串联单泵系统设计中,蓄冰工况和制冷主机单独供冷工况下,系统阻力较小;而制冷主机与蓄冰槽联合供冷时,需依次克服制冷主机蒸发器、蓄冰槽和板式换热器的阻力,如果按此最不利工况来决定水泵扬程,在多数工况下增加了电耗。采用串联双循

环系统,如图 3 所示,可以解决此问题;开启泵 P1 和 P2,调节阀门 V1 和 V2,该系统在夜间蓄冰期可以同时供冷。



图例同图1

图 3 串联双循环系统

各种运行工况见表 3。

表 3 串联双循环系统运行工况

	阀 V1	阀 V2	阀 V3	阀 V4
蓄冰	关	开	关	开
制冷机供冷	开	关	开	关
蓄冰槽供冷	开	开	开	开
制冷机与蓄冰槽同时供冷	开	关	调节	调节
制冷机蓄冰同时供冷	调节	调节	关	开

2.2.2.4 串联双循环系统中可能出现的水力失调问题及水力平衡解决方案

串联双循环系统是串联系统的一种变化,基本的水力平衡解决方案可以参照串联系统。比较特殊的是,串联双循环有两组泵,串联单循环系统中阻力比较大的问题得到了解决。首先还是要保证蓄冰槽处的水力平衡,安装静态平衡阀。另外,串联双循环系统也有不同的配置方式。如果是图 3 所示的系统,主机定流量运行,可以考虑在主机进口安装动态流量平衡阀。而有些在单独供冷时不经过泵 P2,直接泵 P1 变频的系统,可考虑在进口处安装静态平衡阀。

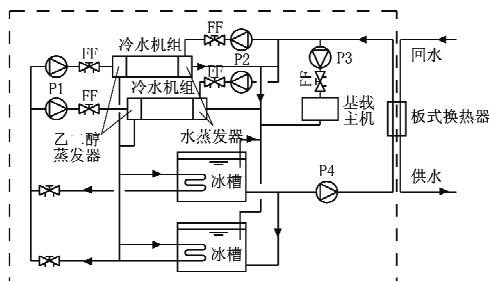
2.2.3 串联外融冰系统

串联外融冰系统为开式系统。蓄冰槽内的水是动态的,融冰速率大,释冷温度低,适用于工业用冷水、区域供冷等。由于普通外融冰系统的水力平衡配置与串联内融冰系统类似,这里就不多描述了,下面介绍一下双蒸发器外融冰系统的水力平衡配置。

2.2.3.1 串联双蒸发器外融冰系统分析

串联双蒸发器外融冰系统双工况主机设两个蒸发器,夜间制冰时用乙二醇蒸发器,白天制冷时用冷水蒸发器。这样冷水就不需要换热可以直接进入冰槽融冰,提高主机效率。这种系统适

用于大型区域供冷空调工程。另外在本系统中,加入了一次基载主机,目的是为了讨论一次基载主机的水力平衡配置。图4所示为串联双蒸发器外融冰系统^[2]。



图例同图1

图 4 串联双蒸发器外融冰系统

2.2.3.2 串联双蒸发器外融冰系统中可能出现的水力失调问题及解决方案

各种运行工况见表 4。

表 4 串联双蒸发器外融冰系统运行工况

	泵 P1	泵 P2	泵 P3	泵 P4
蓄冰	启	停	启	停
制冷机蓄冰同时供冷	启	停	启	调节
蓄冰槽供冷	停	停	启	调节
制冷机与蓄冰槽同时供冷	停	启	启	调节

根据系统运行工况分析,由于乙二醇蒸发器水泵 P1、水蒸发器水泵 P2、基载主机水泵 P3 均定流量运行,为了保证水泵在最佳工作效率点运行,同

时保护主机,可安装动态流量平衡阀,恒定水泵及该侧流量。

另外对于并联的蓄冰槽,建议安装静态平衡阀,通过调试使得每个蓄冰槽之间的流量比达到设计流量比,消除水力失调现象。

3 结语

以上只是笔者对蓄冰系统中水力平衡问题解决方案的初步归纳。蓄冰系统的实际设计要比本文中举例的系统复杂得多,具体问题需要在实际应用中仔细分析、认真计算,才能找到最佳的水力平衡方案。目前在蓄冰行业内,水力平衡问题已经引起了用户、设计师和系统集成商的重视。由于蓄冰系统投资较大,控制要求较高,如果由于水力失调造成系统运行不良,蓄冰系统效果达不到预期的要求,那就得不偿失了。本文在此只是抛砖引玉,希望广大专业人士在蓄冰系统设计、实施等过程中充分考虑系统的水力平衡问题,使冰蓄冷系统的运行达到最佳的效果。

参考文献:

- [1] 李先庭, 张茂勇, 赵庆珠. 冰蓄冷系统中卤水泵的合理配置和选型[J]. 暖通空调, 2002, 32(3): 70-74
- [2] 中国建筑设计研究院机电专业设计研究院. 06K610 冰蓄冷系统设计与施工图集[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007

· 征订 ·

《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试模拟题集》
(2010 年版)

为配合全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试,帮助广大考生复习备考,应广大考生的要求,《暖通空调》杂志社特邀行业知名专家,根据《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试复习教材》(第2版)、复习大纲和相关规范,在《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试模拟题》(2009年版)的基础上作了适当订正、删减和增补,同时增加了《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业考试复习教材》(第2版)的思考题参考答案,编写了2010年版模拟题集。本版模拟题部分分为专业知识题和专业案例题;专业知识题型分单选题和多选题,在每一部分之后给出参考答案和出处(或计算过程)。思考题参考答案部分是针对教材每章节后的思考题所作解答。

本版模拟试题特邀请北京市建筑设计研究院张锡虎教授级高工对采暖部分及民用建筑房屋卫生设备和燃气供应部分作了审校,同济大学徐文华教授对通风部分作了审校,总装备部工程设计研究总院李兆坚研究员对空调部分作了审校,中国电子工程设计院郑纯友教授级高工对净化部分作了审校。由于模拟试题和思考题答案是各位专家根据自己的理解和经验编写的,可能有不够全面、准确之处,仅供考生复习参考,并欢迎读者提出问题和建议。

本版模拟题已于 2010 年 5 月底出版,定价 180 元/本(含平邮)。欲购者请与《暖通空调》杂志社金庆平,龚雪联系,电话:(010)68362755,68302899,地址:北京市西城区车公庄大街 19 号,邮编:100044。或登录暖通空调在线(www.ehvacr.com)暖通书城购买。