

编者按：随着城市化的发展、社会能源结构调整及昼夜电价差异化政策落实等，空调行业的蓄冷式冷站集中供冷模式因其“夜间制冰蓄能，日间融冰供冷”的经济性已逐步应用于国内大中型城市区域性建筑群。本期科技专题介绍广东省工业设备安装有限公司在珠海横琴X号冷站一期工程中应用的多联供冷站工程施工技术，较好地实现了“夜间电谷制冰贮能，日间电峰融冰释冷”，取得了一定的社会效益。

冷站融冰与电制冷两种供冷模式的调试与分析

黄建麟 刘保平

(广东省工业设备安装有限公司 广州 510080)

摘要：本文以横琴X号冷站建设为例，介绍了大型冷站的电制冷供冷与融冰供冷的调试与运行，并对两种供冷工况的系统构成、运行特点与经济成本等做了比较分析。试验表明，无论在经济、管理与稳定性等方面，融冰供冷模式具有较大的优势。

关键词：冰池蓄冰 融冰供冷 电制冷供冷 乙二醇 管网供水温度 区间电价

中图分类号：TU831.4 **文献标识码：**B **文章编号：**1002-3607(2017)10-0016-03

横琴X号冷站区域供冷规模因受末端用户、城市建设、经济发展等因素影响，其设备数量难以全部投入使用，因此，部分冷站需分阶段调试与运行。

珠海横琴X号冷站一期已完成建设，前后具备了电制冷与融冰供冷等运行模式。随着横琴新区的建设，现已具有稳定、一定数量的末端用户供冷需求，该站正从电制冷供冷模式稳步转为融冰供冷模式。

1 冷站简介

X号冷站已完成一期工程10800RT制冷设备安装施工，近期进行了乙二醇载冷剂罐装与制冰调试，并结合用户需求情况，完成了融冰供冷调试。该冷站已实现“夜间电谷制冰贮能，日间电峰融冰释冷”，取得了良好的社会效益。

电制冷供冷模式：选用双蒸发器

（见图1、2）。

直接对外供冷（见图1）。融冰供冷模式：先冰池蓄冰，再板换融冰供冷

（见图1、2）。

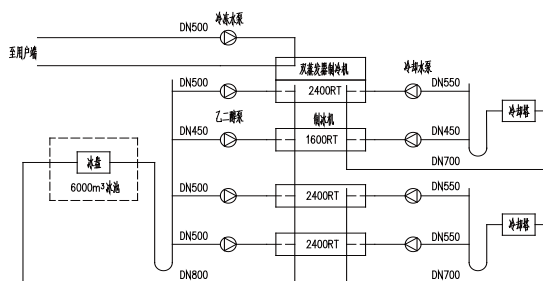


图1 冷站制冷（冰）系统图

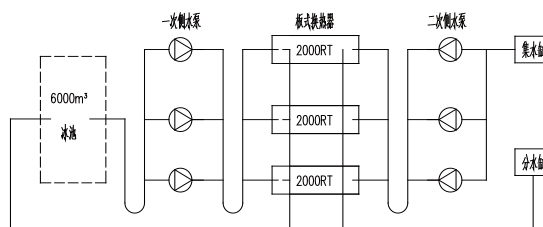


图2 冷站融冰系统图

2 制冰和融冰运行

2.1 制冰

(1) 介质要求

乙二醇：采用重量比为25%的工业抑制性乙烯或丙烯乙二醇，具备防腐防冻功能。系统的最低工作温度应比乙二醇溶液冰点高3.0~4.0℃。

此工程使用

中国石化公司的乙二醇纯溶液，并添加抑制性配剂，其配剂包括防腐剂、防霉剂、增溶剂、水稳剂等，由95%乙二醇与5%配剂组成，组成溶液为淡蓝色液体，安全低毒、无异味、不易燃、不挥发。

工程使用的LM-4型冰河冷媒制冷剂为改性乙二醇，浓度为25%。每半年或在季节性启动开、停机时，取样测量浓度，必要时添加抑制性乙烯乙二醇以调整浓度。

(2) 冰池水与冷却水

冰池水与冷却水均采用当地自来水。对于开放式水冷冷却系统，需结合当地空气质量和地势区域，每个月需检查水质，防止绿藻和钢管内壁水垢过多等，必要时需更换水或加药处理。

(3) 冰池制冰

开启两台2400RT制冷机，开机时间为0:00~5:00；冰厚设定值为46mm。运行前冰池水温为4℃。冰池制冰运行前冰厚为0mm，运行5h后冰层厚度达到46mm（见图3）。

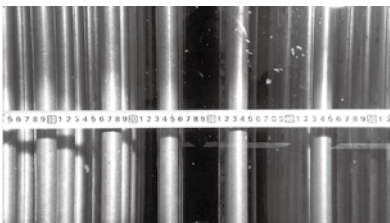


图3 冰盘冰厚测量图

2.2 融冰

启动融冰设备（见图2），一、二次侧水泵，鼓风机及用户端供冷泵等。板换一次侧测量冰池供水温度，按冰厚变化折算融冰比例，测量结果见表1。

表1 融冰出口水温记录表

融冰比例 (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
供水温度 (°C)	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	1.1

温度较高的一次侧回水在管壁冰层外侧流动，管壁的冰从外层开始融化，冰套越薄。融冰过程为直接接触，在空气泵的扰动下，融冰快速、换热效果良好。

此系统可在融冰全过程提供稳定的0~1℃的冰水，为融冰系统的可靠、经济运行提供了保障。

2.3 供冷

启动分水缸侧末端供冷循环泵（见图2），在分水缸测量供水温度、站外管网流量计读取末端流量，记录结果见表2。系统24h正常供冷，供水温度与流量稳定，满足工程设计要求。

3 电制冷运行

启动双蒸发器2400RT冷水机组直接向外供冷。此为该站首期供冷方式，其配套设备、运行时间及运行电量等详见表4。

4 两种工况运行的经济分析

现对电制冷与融冰供冷两种供冷方式进行用电统计（见表3、表4）。

按照地方用电价格，站内区间电价为：低谷（0:00~8:00）0.363元/千瓦时；高峰（9:00~12:00，19:00~22:00）1.085元/千瓦时；平峰0.677元/千瓦时。

由表3、表4可知，同样的供冷末

表2 站外管网供水流量与温度记录表

记录时刻	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
末端流量 (CMH)	370	387	393	390	1010	1177	1192	1280	1235	866
供水温度 (°C)	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3

表3 融冰制冰用电情况表（站内部分）

	冷水机组	乙二醇泵	冷却泵	冷却塔	一次侧泵	二次侧泵
装机功率 (kW)	1599	160	220	15	132	75
运行时刻	0:00~5:00	0:00~5:00	0:00~5:00	0:00~5:00	8:00~18:00	8:00~18:00
运行时间 (h)	5	5	5	5	10	10
运行数量 (台)	2	2	2	2	1	1
运行电量 (kW)	15990	1600	2200	150	1320	750
电价 (元/kWh)	0.363	0.363	0.363	0.363	1.085/0.677	1.085/0.677
电费小计 (元)	5804	581	799	54	1109	630
电费合计 (元)	8977					

表4 电制冷用电情况表（站内部分）

	冷水机组	冷冻泵	冷却泵	冷却塔
装机功率 (kW)	1640	160	220	15
运行时刻	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00	8:00~18:00
运行时间 (h)	10	10	10	10
运行数量 (台)	1	1	1	1
运行电量 (kW)	16400	1600	2200	150
电价 (元/kWh)	1.085/0.677	1.085/0.677	1.085/0.677	1.085/0.677
电费小计 (元)	13779	1344	1848	126
电费合计 (元)	17098			



6000m³冰池蓄冷工程施工技术

肖思东 黄建麟

(广东省工业设备安装有限公司 广州 510080)

摘要: 本文介绍了横琴X号多联供式冷站及混凝土冰池防水、池内保温的工程施工特点,结合冰盘管路、单元构成、施工工序及水源等情况对乙二醇管路的冲洗与罐装进行分析,拟定“封存单元”“支路置换”及“系统循环”等方法,较好应用了“支路置换”法,保证了工程的质量,提高了工效。

关键词: 蓄冰空调系统 混凝土池 防水保温 冰盘管路 外融式融冰 支路置换法 冲洗流程图 乙二醇灌装

中图分类号: TU831.4 文献标识码: B 文章编号: 1002-3607(2017)10-0018-03

大容积冰池是蓄冰空调系统的重要组成部分,是制冷与融冰的介质物理形变场所。冰池的严密、保冷、控制与安全性直接影响到蓄冰系统的有效运行。

1 工程概况

X号冷站总建筑面积约9000m²,楼高18m,共两层(地上两层,地下一层)。地下一层为蓄冰池及蓄水池,首层为制冷机房,二层为冷却塔设备等。冷站制冰系统见图1。

2 混凝土冰池

2.1 混凝土池

端与输送路由,融冰方式的耗电量略高于电制冷,但源于区间电价,两者的日均电费相差一倍多,融冰方式满负荷制冰,融冰时又稳定,此方式有利于设备的良性运行。现建设方将原来的电制冷改为融冰供冷,日常运行良好。因此,融冰供冷模式适用于大

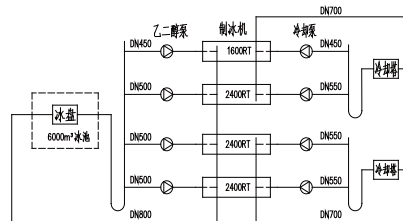


图1 X号冷站制冰系统图

混凝土池尺寸为64m×18m×8m(深),有效注水容积为6000m³。地下工程的防水等级分为四级^[1],此水池防水等级为一级,不允许渗水,结构表面无湿渍,施工中要注意两点。

(1) 盛水检漏:建筑混凝土结构施工完成后,可注水做盛水试验,检

查剪力墙墙体的防水性能;注水至使用水位,72h后检查剪力墙外观,标识渗漏点,并记录水位高度。

(2) 防水补漏:对剪力墙渗漏点进行堵塞处理,清理外墙渗漏缝,对墙体按缝形均布注钉,再灌注膨胀剂,之后检查防水效果,以不渗不漏为合格。

工程选用油溶性聚氨酯,以二异氰酸酯与聚醚多元醇经化学聚合反应生成高分子化合物(氰凝);该材料以水为交联剂,能与水快速反应,在几分钟内即可固化成弹性发泡体,在固化过程中快速膨胀,从而快速封闭和堵塞渗漏通道。

型冷站的小负荷运行。

5 结语

随着新区的建设,已有部分用户开始进驻办公、商业与生活,X号冷站已开始进行小负荷式供冷。通过此冷站的首次电制冷供冷与目前融冰

供冷的调试分析,无论在经济、管理与稳定性等方面,后者都有较大的优势,实现了“夜间制冰蓄能,日间融冰供冷”,为地区“转移用电负荷”和“平衡用电负荷”的电网稳定工作做出了贡献。 ■

2.2 池内保温

2.2.1 深化设计

工程选用混凝土池,考虑项目所在地为填海地区,土壤不稳定,建筑结构有可能出现不均匀沉降,导致冰池底板与侧面开裂,从而破坏防水层。结合工程经验,采用内衬钢板的防水方式:6mm厚钢板,双面作环氧树脂防腐。

2.2.2 保温施工

侧面钢板焊接完成后,进行发泡保温处理。底层浇筑50mm混凝土垫层。钢板焊接后,焊缝作探伤检测,要注意以下几点。

(1) 基层处理:基层分三部分:打磨、刮腻子及底漆。首先打磨,用手磨机将墙面打磨平整。其次刮腻子,主要是修补墙面较大的缺陷(如钢筋孔洞等)和除尘,可采用手工涂抹。最后底漆,修补腻子的微小孔洞,并增加聚脲与墙面的附着力。

(2) 聚脲喷涂:对基层处理做全面检查,墙面干燥,即可开始聚脲喷涂。

(3) 保温喷涂:硬质泡沫聚氨酯是由聚醚多元醇、异氰酸酯与多种助剂经聚合反应生成的一种高分子保温材料,具有不透水性、容重小、导热系数低、耐高温性能好、施工简便等特点^[2]。采用现场发泡喷涂方法,涂层密度 $\geq 45\text{kg/m}^3$ 。

(4) 底部砼层:池底做完聚氨酯发泡保温后,再浇50mm厚混凝土层,以保护保温层与支撑。

(5) 钢板内衬:对池壁及池底做6mm厚钢板内衬,焊接成块。

2.2.3 盛水试验

聚脲层及钢板焊接完成后再进行注水,以消除大面积钢板焊接变形

应力。

2.3 冰池盖板

为加强冰池保温、便于观察与检修等,可于池面设50mm厚上盖保温型库板,库板上设置若干个检修人孔、观察孔等。

3 冰池设施

3.1 冰盘管路

图2为工程冰池内的冰盘、管道与阀门布置图,冰盘与管路为异程式布置,每个冰盘支路的冰盘数量、叠加方式与规格型号均相同。冰盘单元为设备出厂最小结构。

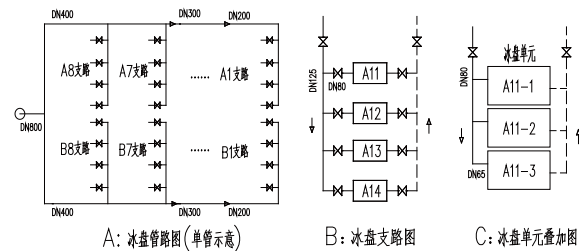


图2 冰盘管路图

3.2 出厂封存

冰盘出厂前做压力试验,压力等级为22MPa(爆破试验)。冰盘在工厂生产后,可在车间进行吹扫、密封盘管管口,防止异物或灰尘进入,运至工程现场待用。

3.3 冰盘布置

工程为外融式融冰系统,冰盘布置见图3。

4 冲洗与罐装

4.1 系统冲洗

冷站蓄冰的乙二醇系统组成较为简单,且设备、管路及冰盘的管路简明、管径较大,但其容积较大。按冰盘容积与系统容积的比例、冰盘出厂标准等,对系统冲洗需做方案对比(见

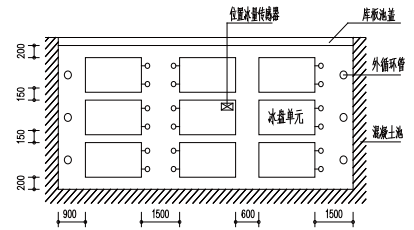


图3 冰盘布置立面与写照

图1、图2)。

4.1.1 方案选择

一般情况下,乙二醇管路可采用封存单元、支路置换及系统循环等方法进行冲洗,三种方案对照见表1所示。

表1 乙二醇系统冲洗方案对照表

序号	方式	冰盘要求	管路特点	罐装特点
1	封存单元法	安装前冲洗冰盘	冰盘无存水	溶液配比后直接罐装
2	支路置换法	无	冰盘存水,需排空	溶液浓度需调匀
3	系统循环法	无	冰盘量小	溶液浓度需调匀

(1) 封存单元法:冰盘进场安装前先进行专门冲洗、吹扫;干净、干燥后对所有管口严密封存,保证冰盘单元内无杂物和水分。主系统安装前进行循环冲洗与排空,合格后连接冰盘单元;连接系统后,系统管路应为排空状态。

(2) 支路置换法:如果冰盘出厂前仅做试验工作,现场安装前未做专项冲洗与吹扫,则考虑可与系统管

路同步安装。冲洗前选取市政自来水分路对冰盘支路冲洗。连接系统后,系统管路有存水,需考虑存水的排放或利用。

(3) 系统循环法:如果冰盘单元数量较少,或冰盘容积与系统容积的比例较小,则可考虑常见的空调水系统冲洗法:先系统注水,再循环冲洗,最后排水;一般经3-4次冲洗后,水质可满足要求。

工程冰盘末端的容积系统总量约一半;结合现场特点、冰盘封存及水源配置等,选择“支路置换法”进行冲洗。

4.1.2 管路冲洗

(1) 主路冲洗

打开主管路旁通阀与制冰机阀门,关闭冰盘管路阀门,注水开泵冲洗3次,以目测无杂质无色为合格。

(2) 冰盘冲洗

冰盘冲洗主要包含以下5项内容。

1) 关闭旁通,拆除旁通阀,管路末端盲封。

2) 接自来水:于进水管盲封端板接引市政自来水管(压力应不小于0.3MPa),设进水控制阀;于回水管盲封端板接引排污管,设排水控制阀,引水至集水坑(见图4)。

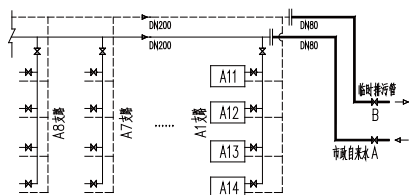


图4 冰盘“支路置换法”冲洗管路示意图

3) 管路确认:主路注满水后,关闭所有冰盘支路控制阀、主管路控制阀与进水阀门A(见图5a)。打开排污阀B,开始因管内

水介质自重,有部分主路水排出(见图5b)。主路积存空气压力与自重逐渐平衡,后无水排出(见图5c)。此时,可认为管路达到自来水逐路冲洗条件。

4) 开阀冲洗:如图4、5d、5e所示,先打开A11支路控制阀,再打开进水阀A,则自来水经A11冰盘支路后排出,A11冰盘内的杂质与水同步排出管外。开始时,排水浑浊乌黑,约20min后,水质变清,目测合格。此时,可认为A11冰盘支路已完成冲洗。

5) 支路确认:按上述步骤,完成各支路冲洗。

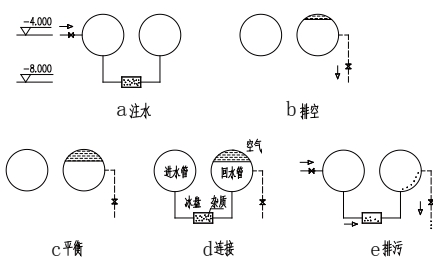


图5 冰盘“支路置换法”冲洗流程图

4.2 乙二醇灌装

4.2.1 计算用量

计算乙二醇系统管道与设备等容量,计算得出需用量。

4.2.2 划分管路

按照冰盘冲洗方案与冰盘结构,位于地下一层的冰盘及部分支路存水无法排放,因此采用纯溶液灌注调匀法,即计算预留调匀所需管道空间,其他管路灌注纯溶液。

4.2.3 主路排空

排空主管内水溶液,考虑到焊接管道内壁潮湿易氧化等问题,排空时间不宜超过一天。

4.2.4 定箱灌注

槽罐运液车开至现场,采用临时水泵将纯溶液注入管路并补充水至管网满水。

4.3 乙二醇调匀

4.3.1 系统循环

启动乙二醇泵,充分搅拌冰盘存水及纯溶液。采用逐路循环与交叉循环法,交替运行,搅拌时间需24h。

4.3.2 取样检验

在主管网取样点及首层压力表旋塞阀处提取检验液,专瓶封存送检,如果不少于三处溶液浓度一致,则认为管内溶液浓度一致。

4.3.3 补充溶液

按上述取样液浓度,计算、补充纯溶液量,同处取样检定最终浓度。

4.3.4 成份确定

提取样液,封存送检。

5 结语

冰池是蓄冰空调系统的重要组成部分,是蓄能介质的物理形变场所,冰池的防渗与保冷效果直接影响到蓄冰系统的经济性,这也是工程施工重点之一。

冷站的冰盘组成、管路分布与施工工序不尽相同,此项目结合实际情况采用了合适的管路冲洗与介质灌装方法。实践证明,“支路置换”管路冲洗法既保证工程质量,提高工作效率,还节约了水源,值得行业参考。

参考文献:

- [1] 地下工程防水技术规范: GB50188-2008[S].
- [2] 硬质聚氨酯保温防水工程技术规范: GB50404-2007[S].