## 1、数据中心对于蓄冷系统的要求

蓄冷系统顾名思义是将冷量以显热、潜热的形式蓄存在某种介质中，并能够在需要时释放冷量的空调系统。****通常我们提到的蓄冷装置是指由蓄冷设备及附属阀门、配管、传感器等相关附件组成的蓄存冷量的装置。****

在《JGJ158-2008蓄冷空调工程技术规程》中列举了7条宜设置蓄冷空调系统的条件，数据中心因其连续制冷的需求，满足“要求备用制冷量的空调工程”这一情形。

《GB50174-2017 数据中心设计规范》明确指出“采用冷冻水空调系统的A级数据中心宜设置蓄冷设施”，并在条文说明中阐明了蓄冷设施应用于数据中心的两个作用：“在两路电源切换时，冷水机组需重新启动，此时空调冷源由蓄冷装置提供；供电中断时，电子信息设备由不间断电源系统设备供电，此时空调冷源也由蓄冷装置提供。”。

《Accredited Tier Designer Technical Paper Series: Continuous Cooling》一文中指出Tier IV等级的数据中心必须设计不间断制冷系统（Continuous Cooling），同时建议无论何种等级，当单机柜密度超过4kW时，也应当考虑不间断制冷。综合上述规范及设计院现行经验做法，蓄冷空调系统大幅度提高了数据中心的可靠性，在机电系统设计中有举足轻重的地位。

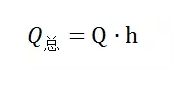
## **2、水蓄冷系统优势**

蓄冷系统根据其常用蓄冷介质不同可分为水蓄冷、冰蓄冷。水蓄冷系统有单位体积蓄冷量小，冷槽体积庞大，冷损耗大等缺点，尽管如此，水蓄冷系统因其如下优势依旧在数据中心得到广泛应用。一、水蓄冷蓄冷温度与冷冻水供水温度接近，放冷速度快，即需即供，无时间延迟；二是水蓄冷因所需蒸发温度高，故较冰蓄冷耗电量低，运行费用低，且也无需选用双工况机组；三是水蓄冷系统结构简单，运行简便，易于操作，故障率低。

## **3、蓄冷容量计算**

数据中心蓄冷装置供应冷冻水的时间不应小于不间断电源设备的供电时间，而国标规定的A级数据中心不间断电源系统电池最少备用时间为15min。故方案设计时，按满足空调系统15分钟运行要求计算。

蓄冷罐运行时，蓄冷量计算为：

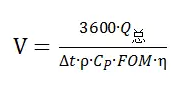


式中 Q总—总蓄冷量，kWh；

Q—制冷量，kW；

h—蓄冷时间，一般蓄冷时间取值为15min；

系统需要的蓄冷水量可按下列公式计算：



式中V—系统需要的蓄冷水量，m3；

Q总—总蓄冷量，kWh；

t—释冷回水温度与蓄冷进水温度间温度差，取5~7；

ρ—蓄冷水密度，取1000kg/m3；

CP—冷水的比热容，取4.18kJ/(kg·)

FOM—蓄冷水槽的完善度，取94%；

η—蓄冷水槽的体积利用率，取95%。

## **4、水蓄冷方式**

蓄冷水槽是蓄冷空调系统的核心设备，为了提高水槽的蓄冷能力并满足供冷时负荷需求，提高水蓄冷的效率，应该综合考虑蓄冷罐的形状、高径比、充放冷的水流速度，尽可能最大限度防止储存的冷水与回流热水的混合。为了实现这一目的，目前常有以下四种方法：“自然分层蓄冷”、“多罐式蓄冷”、“迷宫式蓄冷”、“隔膜式蓄冷”。其中第一种蓄冷方式最简单、有效和经济，也是数据中心工程中最多采用的形式。

自然分层蓄冷在充冷时，冷水由底部散流器进入蓄水罐，热水从顶部排出；放冷时，水流方向相反，冷水由底部接入供水干管。这样使得冷水向下运动，热水向上运动，从而实现冷热水温度过度分层，又称斜温层，如图1。斜温层厚度是一个影响冷热分层和蓄冷效果的重要因素，如设计合理，蓄冷效率可达85%~90%。

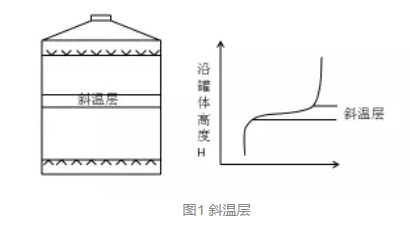


图1 斜温层

## **5、水蓄冷的应用形式**

水蓄冷的应用形式可分为：闭式承压蓄冷罐模式和开式蓄冷罐蓄冷模式。在早期数据中心应用中，闭式蓄冷罐串联接入主要用于空调系统的容灾备份，蓄冷罐内的冷水持续流动以保证随时保有备用的蓄冷量供应。此方案响应速度快，但是冷冻循环水一直需要经过水管，增加了设备能耗，同时设备承压，也增加的初投资，如图2所示。开式蓄冷罐蓄冷模式，并联接入，蓄冷罐既作为负荷末端，也作为供冷源。此方案需要比运行温度更低的蓄冷温度，蓄冷体积小，系统并联也方便维修。图3为开式蓄冷罐在数据中心的典型应用。

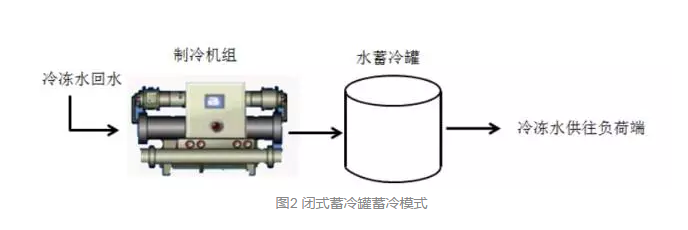


图2 闭式蓄冷罐蓄冷模式

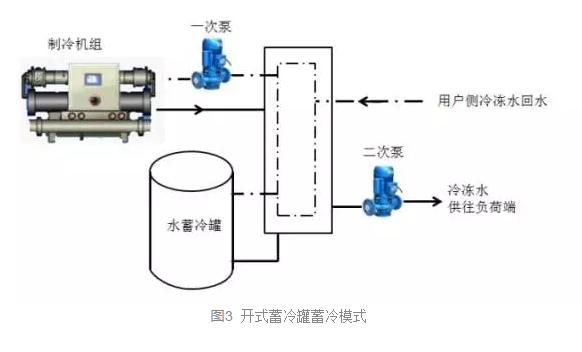


图3  开式蓄冷罐蓄冷模式

## **6、水蓄冷的节能应用**

由于水蓄冷空调具有削峰填谷的功能，因此整个系统可以考虑节能运行模式。在文献《蓄冷技术在数据中心空调系统中的应用探讨》中作者对蓄冷系统的节能运用进行了初探，提出了在数据中心刚开始投入运行，设备负载只有不到设计负荷20%时，蓄冷系统夜间利用低谷电蓄冷，白天利用蓄冷罐放冷的运行模式，由于方案设计有两路独立供冷水系统（各有一套蓄水系统），此种运行模式既保障了可靠性，也节约了一定的运行费用。同时，由于运行初期负荷较低，水蓄冷系统作为替代冷源还可以有效减少离心机组发生喘振的可能，从而保护冷水机组。

## **7、总结**

随着大型数据中心基础设施构架设计的不断优化与完善，水蓄冷空调已经作为水系统重要的应急冷源而被广泛应用。无论哪种蓄冷方式、运行模式及控制策略，都有其相适用的应用环境。前期方案设计阶段和数据中心测试验证阶段都需对制冷空调系统能否应对可能的突发状况进行全年考量，以满足数据中心相应的设计等级要求，并确保在故障发生时，蓄冷系统能及时投入循环系统得到应用。