

数据中心中水冷系统延长自然冷却时间对节能贡献的探讨

沈 飞*

中国电子系统工程第二建设有限公司 陕西 西安 710016

摘要:介绍了数据中心能耗的递增;引出了水冷空调系统的组成以及应用于数据中心时冷冻水供水温度对延长自然冷却时间的探讨;并对冬季环境湿球温度计算加以阐述。根在冷冻水供回水温度和湿球温度的前提下举例说明了三种运行模式的切换和自然冷却时间的延长。并说明了数据中心整个空调系统充分利用自然冷源降低能耗,达到节能目的重要性。

关键词:数据中心;水冷空调系统组成;冷冻水供水温度;湿球温度;延长自然冷却时间

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5588-0302-7>

引言:随着社会的发展,国内数据中心逐年递增,伴随着能耗也逐步递增。因此,降低数据中心的能耗问题将成为焦点问题,而在数据中心中,空调系统能耗约占数据中心总能耗的45%,其中冷源部分占2/3。降低空调系统的能耗则对整个数据中心的能耗降低具有重大的意义。数据中心通常需要制冷系统进行不间断制冷,而常规的制冷系统,即使室外温度低于其循环的冷冻水温的情况下冷水机组仍需要运行,因此会导致更多的能量浪费掉。当室外环境温度较低时,可以设法利用自然冷源对数据机房进行降温的空调系统方案将成为数据中心节能的主流,也是提高数据中心能源利用效率的重要途径。行业内较为成熟的水冷空调系统则是水冷冷水机组+冷冻水泵+板式换热器+冷却水泵+冷却塔+水处理设备+定压补水装置等的空调系统形式,在过渡季节或冬季,根据室外环境温度进行自控,通过阀门来转换系统的运行模式,实现利用自然冷源的目的。在该系统中设法延长自然冷却时间,对节能具有重要的意义。

1 数据中心水冷空调系统的构成

数据中心中水冷空调系统由水冷冷水机组、冷冻水泵(冷冻水一次泵或者冷冻水一次泵+冷冻水二次泵)、板式换热器、冷却水泵、冷却塔、冷冻管网、冷却管网、末端精密空调(常见的有房间级精密空调和列间精密空调)、定压补水装置、加药装置、相应的水处理装置、蓄冷罐和相应的控制系统组成。

其中,冷水循环系统由冷水泵、空调末端及冷冻水管道等组成。冷冻水从冷水机组的蒸发器流出,经冷冻水泵加压后进入冷冻水管道,并经过末端精密空调与机房内的热空气进行间接热交换,带走机房发热量后,经回水管道流入冷水机组蒸发器。冷却水循环系统由冷却泵、冷却水管道、冷却水管道、冷却塔等组成。冷冻水系统在进行机房内热交换后将机房内的热能带走,该热能通过主机房内的冷媒传递给冷却水,使得冷却水温度升高,然后经冷却水泵加入冷却塔,使之与大气进行热交换。从而将热量散发到大气中。

2 提高冷冻水供水温度对延长自然冷却时间的探讨

提高冷冻水温度在提高制冷效率的同时也延长了自然冷却时间,即增加了完全自然冷却模式和部分自然冷却模式的工作时长。

如下表1所示。

表1 冷冻水温度对制冷系统的影响(德国法兰克福)

冷冻水温度	冷机最大制冷量 (kW)	全部和部分自然冷却 工作时数	冷水机总能耗 (kWh)	CRAH 制冷容 量与数量	CRAH 总能耗 (kWh)	制冷总能耗 (kWh)	总节能量
7°C (45°F)	903	246 / 3,650	2,349,926	200kW (5)	353,028	3,051,602	基准
10°C(50°F)	1,002	1,451 / 3,706	2,001,754	200kW (5)	353,028	2,703,430	11%
13°C(55°F)	1,109	2,324 / 3,530	1,676,653	200kW (5)	353,028	2,378,329	22%

*通讯作者:沈飞,男,汉族,1987.12.9,甘肃,本科,中级工程师,研究方向:数据中心方向。

续表:

冷冻水温度	冷机最大制冷量 (kW)	全部和部分自然冷却 工作时数	冷水机总能耗 (kWh)	CRAH 制冷容 量与数量	CRAH 总能耗 (kWh)	制冷总能耗 (kWh)	总节能量
15°C(59°F)	1,184	3,236 / 3,377	1,468,820	166kW (6)	325,872	2,143,340	30%
17°C(63°F)	1,261	3,896 / 3,393	1,279,330	125kW (8)	226,358	1,854,337	39%

从上表可以看出,随着冷冻水供水温度的提升,空调系统中全部自然冷却时间和部分自然冷却时间均增加。自然冷却时间的延长使得空调系统的能耗大大降低,但因机房送风温度的限制,冷冻水供水温度不能无限增大,目前常用的冷冻水供回水温度为10/15°C,10/16°C,12/18°C,15/21°C,16/23°C,18/24°C,20/26°C。具体温度由设计师根据项目实际情况综合考虑进行选择。

3 冬季湿球温度对延长自然冷却时间的探讨

为了利用自然冷源,数据中心水冷空调系统常有三种运行模式,即制冷模式(冷水机组、冷却塔、水泵、空调末端均运行)、预冷模式(冷水机组、冷却塔、板式换热器、水泵、空调末端均运行)、自由冷却模式(冷水机组停止运行,冷却塔、板式换热器、水泵、空调末端均运行)。

制冷模式下运行时,室外环境温度无法实现自然冷却,需要开启水冷冷水机组进行制冷,而冷水机组在空调系统中耗电最大,此模式下运行,整个空调系统的能耗最高,因此要设法降低制冷模式运行时的能耗,常用的方式如下。

(1) 将备用的冷水机组运行起来,比如原设计是按4+1布置的冷水机组,在实际运行时,可5台同时运行,此时5台冷水机组均处在部分运行工况,COP相对于满负荷来说,增加了很多,换句话说,此时冷水机组的耗电比满负荷运行时降低了很多,达到节能的目的。当其中一台冷水机组出现故障时,4台冷水机组满负荷运行,提高了系统的安全性。

(2) 在项目初投资和项目性质运行的前提下,可选择磁悬浮冷水机组。变频驱动的高效磁悬浮无油离心式压缩机,采用磁悬浮轴承技术,高效能脉宽调制(PWM)永磁同步电机,其转速随负荷的变化而调节,确保机组在各工况下始终处于最佳状态,轴承无需润滑油,无任何摩擦,显著增加机组的可靠性。机组具有当今最高的部分负荷效率,ESEER高达9.58,IPLV值达到10,无论在满负荷下,还是部分负荷下,机组都有非常高的能效系数,从而实现系统节能。

(3) 在设计阶段,根据项目所在地的气象参数,确定合理的设备,设法延长自然冷却的时间,来降低冷水机组运行的时间。自由冷却模式和冷却塔的出水温度有关,当冷却塔出水温度降低到一定温度时(一般比冷冻水供水温度低于1.5°C时)。冷却塔的出水温度与逼近度有关。所谓逼近度就是经过冷却塔冷却后的水温与环境湿球温度的差值。而湿球温度简单的理解为水经过蒸发所能达到的最低温度,即水在冷却塔中可能被冷却到的最低温度,也就是冷却塔出水温度的最低极限值。但实际上冷却塔的出水温度无法达到或低于湿球温度。也就是冷却塔的出水温度比湿球温度高(一般高于3°C以上)。

从上述分析可知,冬季环境的湿球温度很容易被确定下来,例如,数据中心的冷冻水供水温度为18°C,则冷却塔的出水温度为16.5°C,冬季环境的湿球温度最大值为13.5°C。

计算出湿球温度后既可以作为冷却塔选型的重要依据,又可成为同一项目中具体延长自然冷却时间长短的重要依据,以北京全年8760h的气象参数为例:空调的冷冻水供回水温度为18°C/24°C的方案中,完全利用自然冷源的时间为5633h,利用部分自然冷源的时间为1560h,制冷模式下运行了1567h。冷冻水供回水温度为12°C/18°C的方案中,完全利用自然冷源的时间为4228h,利用部分自然冷源的时间为1697h,制冷模式下运行了2835h。也就是当冷冻水供回水温度为18°C/24°C的方案比冷冻水供回水温度12°C/18°C的方案中,完全利用自然冷源的时间多1405h,大大延长了自然冷却时间。从而降低了空调系统的能耗。

4 实例说明延长自然冷却时间对节能的贡献

北京某数据中心,一、二层及三层变配电用房空调系统冷源部分采用一次泵的冷冻水空调系统,采用4台离心式冷水机组,4台开式横流式冷却塔、4台冷冻水一次变频泵、4台变频冷却水泵。末端采用房间级精密空调;三层采用

间接蒸发机组的空调系统形式。该项目蓄冷采用闭式蓄冷罐，按15min设计蓄冷容量，三层机房模块的间接蒸发机组由电气专业保证不间断制冷，在断电时间间接蒸发机组的压缩机和风机等均能正常制冷。管道环形布置。根据项目实际情况和业主要求，新风机组实际开启的时间是全年中部分时间。当冷冻水供水温度为12℃时，经计算PUE为1.32；当冷冻水供水温度为18℃时，PUE为1.28。即，冷冻水温度提升时，自然冷却时间延长，PUE值降低，年耗电量降低。整体的空调系统能耗降低。需要说明的是，尽管提高冷冻水的温度能延长自然冷却时间，也能降低冷水机组的能耗（冷冻水温度每提高1℃，冷水机组的效率可提高约3%），并能提高精密空调的显热比。但并不是冷冻水温度越高越好，过高的水温将会导致机房的送风温度升高，但《数据中心设计规范》GB50174-2017续表A明确规定：冷通道或机柜进风区域的温度为18℃~27℃。而过高的冷冻水供水温度将会导致送风温度超过规范限制，并且对于末端空调设备而言，当来自冷水机组的冷冻水供水温度提升时，其制冷量将随之下降。为避免这种情况发生，就需要末端空调厂家在研发阶段就以高温冷冻水供水和高回风温度条件进行设计。能在研发与生产阶段就全面考虑到数据中心冷冻水空调系统的最佳能效的厂家非常的少，同时投资的成本也较高。因此，在设计方案中选择水温时，要综合考虑。

5 结论

数据中心水冷空调系统是目前技术较为成熟空调系统之一，在全国范围内的数据中心均可采用，应用很广。但在选择空调系统架构时应根据项目实际情况，选择合理的冷冻水供回水温度，并计算出冬季环境湿球温度，对冷却塔的选型和延长自然冷却时间具有重要意义。

参考文献：

- [1]提高冷冻水温度来提高数据中心制冷系统的效率，第227号白皮书
- [2]姚赞主编.高可靠性绿色数据中心的构建.-西安：西北工业大学出版，2013.8
- [3]陈川等人编制数据中心冷源系统技术白皮书，2018.11