

# 一种节能防疫空调系统的设计应用

乔哲

深圳市建筑设计研究总院有限公司

**摘要:** 本文以位于深圳后海的实际工程, 介绍了一种节能防疫空调系统的设计案例, 根据不同功能的空调使用需求, 采用多种冷源互补, 重点介绍了主空调系统的冷源选用了高COP的高温冷水机组, 新风系统为集中双冷源新风机组, 承担室内全部湿负荷及部分显热负荷, 末端空调设备采用干式风机盘管, 承担室内剩余显热负荷。从节能、防疫角度进行简要分析, 对其他同类项目空调设计具有一定的参考意义。

**关键词:** 高温冷水组; 双冷源新风机组; 干式风机盘管; 防疫空调; 双冷源新风处理; 全新风空调; 橡塑风管

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.091

**引言:** 从03年“非典”至现今“新冠”, 通风换气是最有效的防范疫情传播措施, 然而空调却时常成为被质疑的病毒传播途径。例如去年凤凰新闻报道: 西安咸阳机场T3航站楼使用的空调技术, 可能造成了西安本轮疫情“匪夷所思的病毒传播”, 将疫情与空调联系起来, 容易让公众对公共区域的中央空调产生恐慌心理。虽然清华大学朱颖心教授第一时间以专业角度进行分析并反驳, 但疫情发生时, 空调是否能开启, 如何正确使用集中空调, 空调是否会带来交叉感染, 仍存在许多争论。在积极响应国家节能“双碳”号召的背景下, 本文以实际工程为案例, 介绍一种既节能又可在流感疫情期间安全使用的空调系统。

## 一、工程概况

小米国际总部项目位于广东省深圳市南山区后海片区, 属夏热冬暖地区, 建筑主要功能为总部办公, 使用功能为商业、办公、物业用房、架空公共空间, 未来四层将改造为手机研发实验室, 其中地下为车库、设备房、员工食堂等功能。



图1 小米国际总部效果图

本项目总建筑面积 46354.78 m<sup>2</sup>, 其中地上建筑面积33537.49m<sup>2</sup>, 地下建筑面积12817.29m<sup>2</sup>。地下共四层, 地上1栋塔楼, 共13层, 高度59.95m, 为一类高层公共建筑。

## 二、空调系统简介

### (一) 负荷计算

本项目总空调面积23885.96m<sup>2</sup>, 逐时冷负荷综合最大值为 3241.2kW (921.6 RT), 空调冷指标为135.7W/m<sup>2</sup>。其中低温水系统冷负荷为 182RT, 高温水系统冷负荷为 740RT。

### (二) 冷源

本项目根据不同建筑功能空调使用需求, 采用多种冷源互补。主要办公、商业空调区域共用一套冷源系统, 采用电制冷空调, 制冷机房设在 B2层, 设计采用2台400RT的离心式高温冷水机组和1台200RT的变频螺杆式冷水机组。离心式高温冷水机组冷水供回水温为16/21℃, 变频螺杆式冷水机组冷水供回水温为7/12℃。5台流量175m<sup>3</sup>/h的冷却塔设置在塔楼屋面, 满足空调日及加班空调负荷需求;

夏季有制冷需求的电房、有冷热需求且空调使用时间较灵活的顶层行政区、24h不间断空调需求的手机功能实验室均采用变制冷剂流量空调系统(VRF), 室外机设于屋面; 数据中心主机房、部分实验室采用精密空调, 满足室内恒温恒湿要求; 消控室、电梯机房等房间采用分体空调。

### (三) 空调末端

公共办公区域空调末端形式采用干式风机盘管+新风系统, 并设有集中排风系统, 以保障空调区微正压要求。风机盘管水系统为16/21℃的高温冷水。新风选用双表冷器结构的集中双冷源新风机组, 先利用高温冷水进行预冷, 再用低温冷源进行深度除湿。

## 三、空调设备选型分析:

### (一) 冷源选型

由于除湿的任务由处理潜热的新风系统承担, 因而承担显热系统的冷水供水温度可由常规的7℃提升至16℃, 制冷主机的性能系数有显著提高<sup>[1]</sup>。本项目选用的离心式变频高温冷水机组设计工况COP<sub>n</sub>=8.185W/W, NPLV=12.49, 名义工况 COP=6.304W/W, IPLV=8.523, 机组设计工况COP较节能标准的5.301W/W提升了54.4%; 变频螺杆机组设计工况COP<sub>n</sub>=5.564W/W, NPLV=9.248, 名义工况COP=5.564W/W, IPLV=8.446, 机组COP较节能标准(5.035)提升了10.5%; 电冷源综合制冷性能系数SCOP约5.6365W/W, 较节能标准(加权4.42)提升27.5%以上, 对能源实现梯级利用, 达到优秀高效机房的标准。

### (二) 新风机组选型

相比常规新风机组选型, 本文重点介绍双冷源新风

机组高、低温负荷选型过程。本项目因新风承担室内全部湿负荷及部分显热负荷（新风送风温度低于室内设计温度），空系统采用温湿度解耦控制，为方便工程选型与计算，在按文献<sup>[2]</sup>要求计算了新风量G与总负荷Q<sub>0</sub>后，可分别计算高温水系统负荷与低温水系统负荷。

### 1. 新风处理过程及状态点计算

双冷源新风机组先利用16/21℃的高温水预冷处理，此部分负荷需在焓湿图采用两点处理过程计算，初始状态点为室外状态点（33.7℃，27.5℃），处理后新风状态点取机器露点（20℃，95%）。低温水处理过程为上一阶段机器露点再进行深度冷却除湿，由（20℃，95%）处理至（d<sub>s</sub>，t<sub>s</sub>），根据项目节能优先或舒适度优先需求，选取合适的送风温度t<sub>s</sub>（℃）。

新风送风状态点的含湿量d<sub>s</sub>可由以下公式计算：

$$d_s = d_n - W / (\rho \cdot G) \quad (1)$$

式中

d<sub>s</sub>、d<sub>n</sub>分别为新风的送风状态点含湿量、室内设计状态点含湿量，g/kg；

W为室内湿负荷，g/h；

ρ为空气密度，kg/m<sup>3</sup>；

G为新风量，m<sup>3</sup>/h；

根据本项目办公室室内设计参数25℃，50%，人体散湿量按102g/（人·h）<sup>[3]</sup>，按满足办公室人员卫生标准选取人均设计新风量为30m<sup>3</sup>/h，则由焓湿图可得出新风终状态点为由（20℃，95%）沿着机器露点继续冷却去湿，终状态点为饱和湿空气，干球温度约为9~10℃。

此时可有两种选择：从最节能考虑，可直接采用新风低温送风，新风口采用低温风口避免结露，新风系统按低温送风设计，同时新风口应避免设计在人员长期活动区域顶部（精装阶段二次机电设计时应配合天花造型及家具座位等，避免设在人员头顶正上方）；根据人体舒适度性要求，亦可采用新风机组三表冷器结构进行热回收，将较低温的终状态新风进行干加热（利用高温水进行热回收，对新风加热），加热后新风送风温度为16~18℃<sup>[4]</sup>，既高于室内空气露点温度（无结露风险），又满足送风舒适度要求。

### 2. 双冷源新风机组与常规新风机组制冷能力对比计算

选取本项目某标准层新为例：本层按人员新风量等卫生要求选型新风机组新风量为8000m<sup>3</sup>/h。

常规新风机组按室外新风处理至室内等焓点，新风不承担室内负荷。按图2焓湿图处理过程得此过程制冷量为94.57kW，查主流品牌新风机组样本，8000m<sup>3</sup>/h新风机组四排管制冷量为101.8kW~106kW。

双冷源新风机组按室外新风分别由高低冷源处理至1.条中终状态点（9℃，95%），按图3焓湿图处理过程得此过程制冷量为153.8kW，查集中双冷源新风机组产品样册，8000m<sup>3</sup>/h双冷源新风机组制冷量为155.5kW。

由上述计算及产品样本参数可知，双冷源新风机组制冷能力约为常规新风机组的1.5倍。

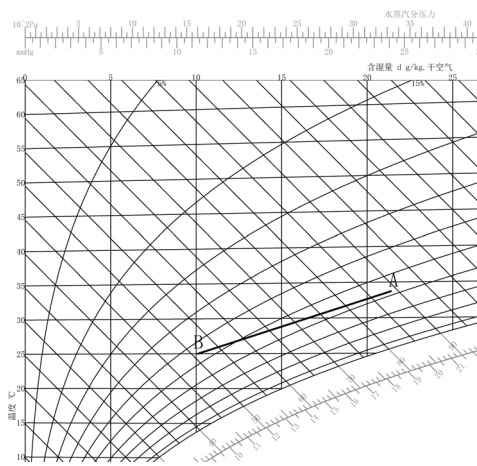


图2 新风单冷源处理（至室内等焓点）

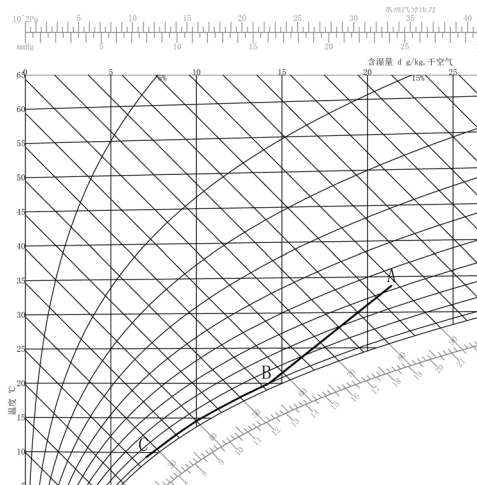


图3 新风双冷源处理

### （三）室内末端设备的选型

因新风已经承担了部分显热负荷，因此负荷计算所得的室内显热负荷需要减掉此部分负荷，定义为Q<sub>1</sub>，新风承担的室内部分显热负荷计算为：

$$Q_1 = c_p \cdot \rho \cdot G (t_n - t_s) \quad (2)$$

式中

Q<sub>1</sub>为新风承担的部分显热负荷，kW；

c<sub>p</sub>为空气定压比热容，kJ/（kg·℃）；

t<sub>n</sub>为室内设计温度，℃；

t<sub>s</sub>为新风送风状态点温度，℃；

因干式风机盘管在相同规格下制冷能力小于常规工况风机盘管<sup>[5]</sup>，若忽略新风已承担的部分显热负荷，按常规室内负荷去选设备，得出的干式风机盘管型号较高（噪音大），数量较多（投资增加），因此在设备选型时，应采用上式计算得Q<sub>1</sub>作为选型值。

### 四、空调防疫分析

传统空调系统应对疫情有诸多不足，以风机盘管+新风系统为例，室内空气循环处理过程中，由于人员处于气流回流区，若新风换气次数较小，病毒在室内停留时间会较长，且风机盘管长期运行在湿工况下，凝结水盘为病菌提供了生存空间，并无法有效防止病菌。<sup>[6][7]</sup>

本项目采取疫情期间加大新风量、采用全新风+排风系统、室内末端空调设备采用干式风机盘管等措施，改变传统空调系统室内设计状态点不变的设计思路，以控制空调室内状态点在舒适区为目的，实现防疫功能的空调系统。

疫情期间空调运行有两种时期：

(一) 常规流行病高发期（每年的10月至第二年4月），此期间深圳空调开启需求一般为10月、11月部分时间、次年3月部分时间、及4月，因为此段时间空调负荷较小，而双冷源新风机组的制冷能力较普通新风机组大（由上文2.可知），仅开启新风机组即可保障空调房间在全新风运行状态下的温湿度要求，此时空调为全新风运行模式，空调房间无室内机开启，亦避免了因回风交叉感染流感的风险。

(二) 常态化疫情管理期（例如“新冠”疫情，全年不定期），按大厦是否封控分为两种情况：

一为封控状态下仍需开启大楼空调，此时仅开启新风机组+排风机组，除独立办公室外风机盘管系统均处于关闭状态。此情况下因大楼内仅有防疫值班人员，空调室内负荷主要为围护结构冷负荷和少量的人员散热及散湿负荷，因此开启防疫值班人员办公区新风系统（带冷源全新风运行）即可满足防疫及温湿度要求；

二为常态化疫情管理下大楼正常办公，此时可正常开启全部空调功能，因空调末端供回水为16/21℃的高温水，空调末端可选用多种显热末端（干式风机盘管、辐射板、冷梁等），由于供水温度高于室内空气的露点温度，室内空气处理末端在干工况运行，无湿表面，不会产生冷凝水，从而避免了冷凝水滋生细菌致使室内空气品质恶劣的问题发生。<sup>[5]</sup>

(三) 其他卫生防疫措施

新风处理机组、空气处理机组设有板式初效过滤器（C4）、袋式中效过滤器（Z3）和微静电净化器等空气净化装置，风机盘管配光氢离子空气消毒净化装置、回风口带滤网，对甲醛、TVOC、乙酸、甲苯等异味分子和白葡萄球菌均有良好的净化消除作用。

所有新风机组、空气处理机组入口处设电动风阀，与风机联动，风机停止运行后关闭风阀，避免室外湿热空气入侵至空调风管，有效阻止空调风管内部结露发霉。

**结语：**

1. 针对设备选型，除了常规的空负荷计算外，还应分别计算高温水系统冷负荷、低温水系统冷负荷，以及室内空调末端设备所承担负荷。

2. 本项目空调风管设计采用了柔性橡塑风管，模块化装配式安装，节能环保，抗菌降噪，可有效避免传统镀锌钢板+保温层的空调风管，因施工不当或保护措施不，保温层遭到破坏，导致风管在空调系统运行时结露、发霉。<sup>[8]</sup>

3. 不足之处：由于前期考虑不足，本项目大空间区域（商场、大堂等）设计采用了一次回风全空气系统，在过渡季和流感疫情季节虽可采用全新风运行（新风量≥50%送风量），但由于此工况时机组制冷能力不足，

因此在流感疫情时期仍不能完全满足室内温湿度要求。可考虑改进措施如下：可考虑采用2台双冷源新风机组代替原一次回风空调机组，平时一台作为新风机，一台作为全回风空气处理机组使用，疫情期间两台均切换为全新风模式。

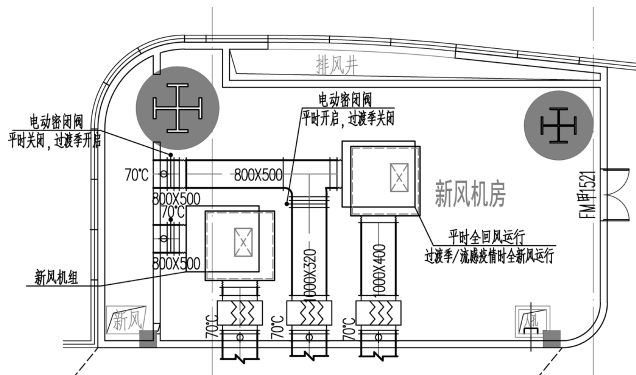


图4 大空间用防疫空调机组

如上图所示，平时左侧空调机组作为新风机组运行，承担室内湿负荷和部分显热负荷，根据房间所需新风量对风机进行变频运行，在保证室内卫生条件的前提下节能运行；右侧空调机组作为全回风空气处理机组，充分利用高温冷水承担室内剩余显热负荷。

过渡季和疫情期间可通过电动密闭风阀切换，两台机组均为全新风运行，过渡季根据室内温湿度及稀释CO<sub>2</sub>浓度变频运行，节能高效；非过渡季的疫情期间，两台新风机均可满载运行，由于双冷源新风机组的较强处理能力，在防疫前提下可保障设计日空调温湿度需求。

同时本系统平时新风仅需送入房间，新风口远离回风口与排风口即可，无其余气流组织要求，因此房间内主要风管为图中右侧全回风系统，风管尺寸较一次回风全空气系统小，对大空间室内净高的提升亦有帮助。

### 参考文献

- [1] 蒋德伦, 郑传经, 咎世超, 孙云. 高温冷水机组的特性试验研究[J]. 流体机械, 2010(11): 64-66.
- [2] 中国建筑科学研究院. GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [3] 陆耀庆. 使用供热空调设计手册[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 1548.
- [4] 朱树园, 吴延奎. 柔性智慧节能空调系统案例分享[J]. 暖通空调, 2021, S2.
- [5] 张秀平, 徐北琼, 田旭东, 潘云钢, 姚勇, 吴俊峰. 《干式风机盘管机组》标准中名义工况温度条件和产品基本规格的研究[J]. 流体机械, 2011, 39(8): 59-63.
- [6] 江亿. “非典”问题引起的对今后空调系统方式的思考[J]. 暖通空调, 2003, 33: 4-7.
- [7] 吴延奎, 朱树园. 一种有效应对公共卫生安全的空调系统[J]. 暖通空调, 2020.
- [8] 彭文军, 胡春林. 潮湿环境下空调工程橡塑绝热施工技术探讨[J]. 安装, 2015, 1.