

# 某 5 级洁净室的改造设计

成都昌盛空调净化工程有限公司 孙 黎\*

**摘 要** 对已建成的 5 级洁净室存在的问题作了较详细的分析,并在现有的设备和条件下做出可行的冷冻与转轮除湿相结合的低湿度空调系统的设计。

**关键词** 安装方式 满布率 冷冻与转轮除湿相结合 大循环与小循环相结合

## The Design of Reconstruction for One Class-5 Clean Room

By SUN Li\*

**Abstract** The issues occurred to the finished clean room, of which the clean classification is class 5, it is analyzed in detail in the text, and a practical design for the lower-humidity air conditioning system, which combines the chilling and wheel-dehumidification, is made under existing equipment and conditions.

**Keywords** Installation method Suffusion ratio Combination of chilling and wheel-dehumidification Combination of big circulation and small circulation

\*Cheng Du Changcheng Air-conditioning Filtration Engineering Co., Ltd.

### 1 前言

某精密光学工程研究中心已建成的 5 级洁净室平面——区划如图 1 所示,分内、外二间,分别由其上部硬吊顶内设置的二台组装式空调系统 JK-1 及 JK-2 保证其洁净度、空气温度和相对湿度等。空气处理过程为新风与回风混合、初效过滤、降温去湿(或加热)、加压、中效过滤处理后通过管道送入洁净室上部软吊顶静压箱再通过满布高效过滤器和稳压孔板进入洁净室,回风由二侧回风夹道下部的百叶回风口经回风管道回至空调器混合段。空调冷源为集中设置的风冷模块式冷(热)水机组(每个模块制冷量为 110kW 共 6 个模块,合计为 660kW)供空调用冷水或热水。

### 2 存在问题及要求

根据实验工艺要求去掉二个 5 级洁净间的隔断,并在其中一间隔出一个清洗间,其余部分为涂膜间。

要求空气洁净度为 5 级,室内温度为  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,相对湿度小于 40%。另外,清洗间使用甲苯、正丁醇等有机溶剂,清洗间间歇使用,使用时间很少,涂膜间为正常工作。该 5 级洁净室建成后基本上未使用,存在的主要问题其一是:空调系统保证不了相对湿度小于 40%要求。通过了解得知该中心集中冷源供冷水温度一般为  $9^\circ\text{C}$  左右。其二是:该 5 级洁净室设计施工安装也不尽合理,满布有隔板高效过滤器机械压紧式安装,过滤器与过滤器之间间隔宽度为 130mm,特别是高效过滤器出风面的四周宽度约 500~600mm 设照明灯带。因此,高效过滤器的满布率远小于 65%,盲区所形成

的涡流区范围大,实现不了全室性的 5 级洁净度的要求,尤其周边区的照明灯带盲区限制了工艺设备的布置与使用。

### 3 改造设计的思路原则

上面提到该中心的冷源供水温度一般为  $9^\circ\text{C}$  左右,显而易见,不用说  $9^\circ\text{C}$  的冷水,即使是  $7^\circ\text{C}$  的冷水也无法实现相对湿度 <40% 的要求。根据该冷冻站所供的洁净空调面积及工艺情况,经粗略核算冷量是足够的,至于供水温度高,可能是由于系统配套的冷冻水循环水泵的流量(200t/h)过大,扬程(50m)过高所致。因此,改造设计应在利用现有冷源及空调系统的基础上寻求解决问题的方案,以求得满足工艺要求又节约投资之目的。

### 4 工程改造设计说明

#### 4.1 洁净室部分

根据工艺区划去掉内、外间的隔断,将风淋室外移,增加人身净化房间,在内间左上角隔出  $2.5 \times 1.6$  的清洗间。重新采用液槽密封方式安装满布无隔板高效过滤器,液槽宽度为 50mm,去掉四周照明灯带,将泪珠式净化灯设在液槽下面,从而提高了高效过滤器的满布率,大大缩小了涡流区的范围,实现了真正的全室性 5 级洁净度,为工艺设备的布

☆孙黎,男,1964 年生,大专,项目经理

610066 成都市双桥路朝发苑 3 栋 1 单元 2-1 号

(028) 84461696

收稿日期:2005-3-7 修回日期:2005-4-7



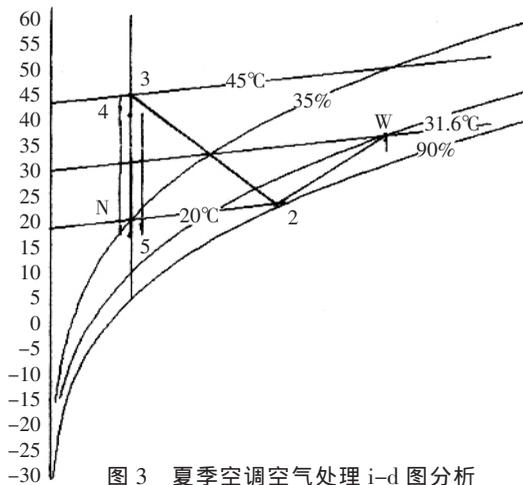


图 3 夏季空调空气处理 i-d 图分析

也就是先用 9°C 的冷水做为新风的予冷却，将新风从 (1) 状态点降温去湿至 (2) 状态点 ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi=95\%$ )，将 (2) 状态空气通过转轮除湿至 (3) 状态点。(3) 状态点与室内状态点按 3630/35500 的比例混合至 (4) 状态点。(4) 状态的空气经组装式空调器的表冷器 (已有设备) 冷却至送风状态点 (S) 则：

予冷却负荷  $Q_1=L_{\text{新}}\times 1.2(I_1-I_2)$

冷冻去湿量  $G_1=L_{\text{新}}\times 1.2(d_1-d_2)$

转轮除湿量  $G_2=L_{\text{新}}\times 1.2(d_2-d_3)$

干冷却负荷  $G_2=L_{\text{新}}\times 1.2\times 0.24(t_4-t_5)$

从上述过程可见，利用了现有的 9°C 冷冻水予冷却去湿。同时，又利用了现有的组装式空调器，实现了实验工艺所要求的 5 级和低湿度的环境要求。

由转轮除湿空调器处理的室外空气分为二路进 JK-1 及 JK-2 二个系统，进一步处理后送入 5 级洁净室静压箱再经高效过滤器后进入洁净室。如图 4 所示。

冬季室外空气通过旁通管道直接进入 JK-1 及 JK-2 与回风混合后经加热器加热至送风状态向室内送风。

### 5 控制设计说明

#### 5.1 工况转换控制

根据该实验室的使用，将其划分为三种工况。

(1) 清洗间与涂膜间同时工作，这时系统的设备全部投入运行，新风量或排风量最大。

(2) 涂膜间正常工作，清洗间处于浸泡工序，这时清洗间的空气参数没有要求，但需保持负压，这时，S-1 机组

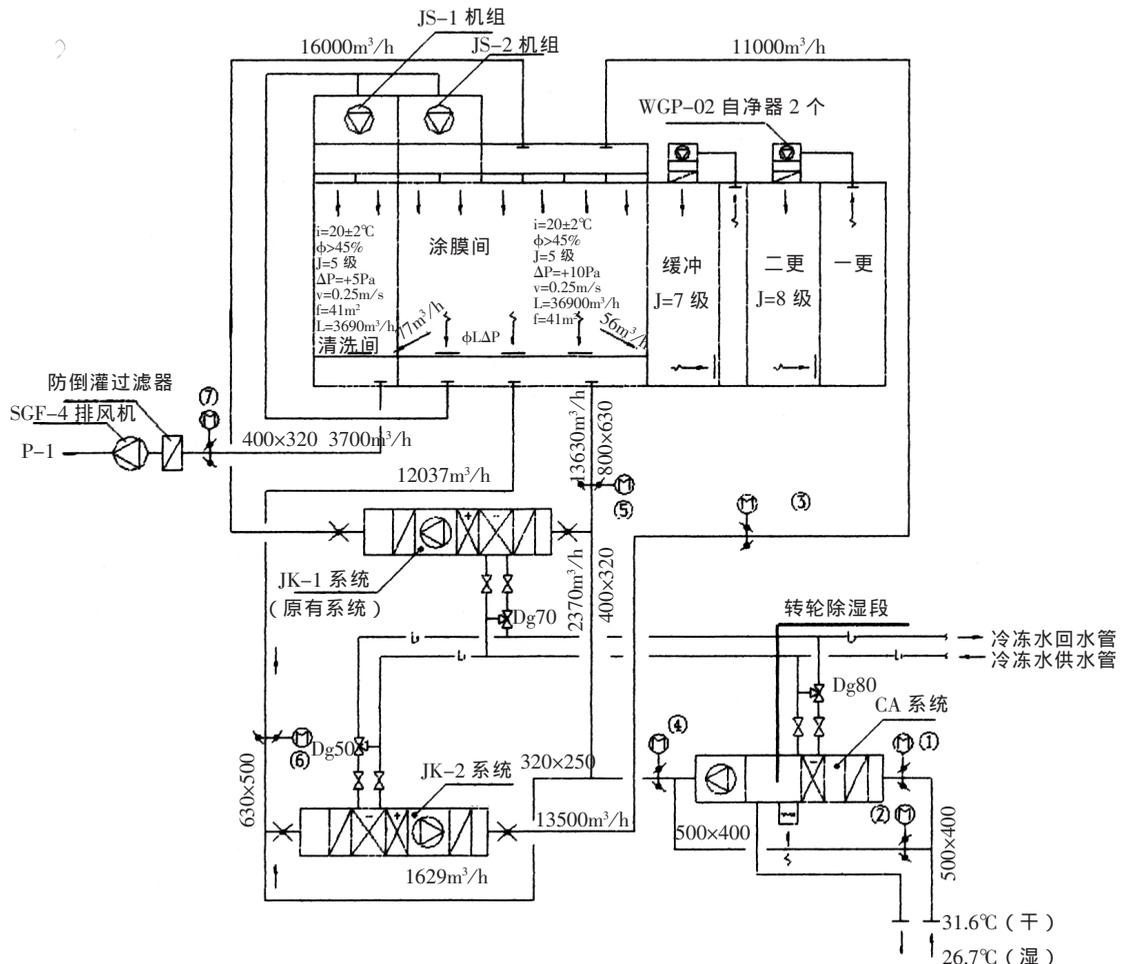


图 4 净化空调原理图

停止运行,排风系统 P-1 的排风量由大变到维持房间负压的风量,新风系统的处理风量也由大减至总风量的 5%。

(3) 清洗间停止工作,仅涂膜间正常工作,这时系统中的 S-1 及 P-1 系统停止工作。新风量减小至总风量的 5%,转轮除湿机的负荷也相应减小。

上述三种工况是通风管上的电动阀门交替动作实现。

### 5.2 系统自动控制

采用 PLC 编程控制,将温度湿度测头置于新风段做为季节工况转换判断。当室外空气的含湿量在  $d_1-d_2$  之间时,则由新风系统空调器予冷却器除湿降温。若室外空气含湿量  $\leq d_2$  时,则新风停止冷却除湿。

温湿度测头置于新风表冷器之后,通过调节新风空调器水系统上的电动三通水阀保证机器露点恒定。

温湿度测头置于室内,根据室内温度变化,调节送风系统 JK-1, JK-2 空调器干冷却器冷水管路上的电动三通阀改变水流量,保持室内温度,另外,根据室内相对湿度的变化控制氯化锂转轮除湿机电动旁通阀门或再生电加热器的加热量,调节除湿机的除湿量,从而保证室内相对湿度

在允许范围内。净化空调原理如图 4 所示。

### 5.3 实验室工艺工况的转换过程控制

#### 第一工况(清洗间、涂膜间正常工作)

(1) JK-1、JK-2、JS-1、JS-2 以及 P-1、CA 系统均投入运行。

(2) 电动风阀①、③、④、⑦全开;②关闭,⑤、⑥开小。

#### 第二工况(涂膜间正常工作,清洗间处于浸泡工序)

(1) JK-1、JK-2, JS-2 正常运行;JS-1 停止运行;P-1 及 CA 系统转入变频控制运行。

(2) 电动风阀⑤、⑥开大;①、③、④、⑦开小。

#### 第三工况(仅涂膜间照常工作,清洗间不工作)

(1) CA 系统及 JK-1, JK-2、JS-2 仍保持第二工况的运行状态,P-1 系统停止运行。

(2) 电动风阀⑦关闭,其余风阀同第二工况状态。冬季 CA 新风除湿系统停止运行,电动风阀①关,⑦开。其余阀门,同第三工况,即混合、加热直接向室内送风。 □

(上接第 61 页)

一般采用效率低的小型风机和电机,其电耗很可能会抵消了由于降低送风温度而造成的风机节能。但气流组织较好,应综合考虑确定。

### 3.4 系统控制

低温送风系统的运行控制要求与常规空调系统是相同的,但在实际运行中,为了最大限度地发挥其优越性,还需重点考虑下列问题:

(1) 在有供暖负荷或低冷负荷下的调节;

(2) 按不同时间对系统进行有效控制,以达到充分、有效利用蓄冷装置;

(3) 在经过一个晚上或节假日停车后,重新启动时的防止结露;

## 4 经济比较

### 4.1 一次性投资比较

由于低温送风系统制冷设备常采用冰蓄冷系统,因而在评价低温送风系统与常规空调系统时包括以下方面:

(1) 蓄冷系统与非蓄冷系统;

(2) 低温空气处理及送风系统与常规空气处理及送风系统;蓄冷系统与非蓄冷系统的经济评价,又包括系统本身的投资费用、建筑物投资费用和电增容费及电集资费用,在满足相同的供冷负荷要求情况下,从国内外的实践经验分析,可以得出以下结论:

(1) 冰蓄冷系统本身的投资比相应的非冰蓄冷系统一般要高 20%~60%;

(2) 低温空气处理及送风系统与常规空气处理及送风系

统相比,由于低温空气处理及送风系统处理风量、水量少、设备费用减少,而在保冷材料上的投资增加。综合比较,低温系统一次费用比常规系统低,一般可低 10%~20%。

因而,一定规模的采用低温空调的蓄冰空调系统与非蓄冰常规空调系统(包括制冷、供冷及空气处理系统等)其投资有可能持平。

### 4.2 运行费用比较

对于低温系统由于风机用电的节省,泵的能耗降低,所以运行费用下降;同时由于冰蓄冷系统在用电上的“削峰填谷”优势,因而,采用低温空调的蓄冰空调系统与非蓄冰常规空调在运行费用方面均有较大优势。

## 5 结论

蓄冷空调系统可以提供 3℃左右的冷水,有利于实现低温送风、优化空调系统的性能,所以低温送风系统是随着蓄冷技术的发展而兴起的。目前国内采用冰蓄冷或常规大温差的项目越来越多,但采用低温送风的空调系统还相对较少。由于低温送风系统与蓄冷技术相结合在节能、缓减城市电网压力方面优势显著,因而必将在中国更多的空调工程中应用。

### 参考文献

1 Allan T.Kirkpatrick and James S.Elleson.COLD. AIR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN GUIDE.1996[M].

2 严德隆,张维君.空调蓄冷应用技术,中国建筑工业出版社,1997[M].

3 殷平.常规空调大温差技术探讨,暖通空调新技术 2, 2000 年 10 月[J]. □