

计算机高密度磁带生产厂洁净空调设计

武汉城市建设学院 徐菱虹

(湖北武汉市武汉城市建设学院环境工程系 430074)

文 摘 介绍高密度磁带生产厂洁净空调系统设计的基本情况, 总结本工程的设计心得。系统经两年的运行, 情况正常, 符合产品生产的要求。

关键词 空气洁净 空气调节 通风 设计 高密度磁带生产

1 工程概况

本工程由国营某厂与美国某公司共同投资兴建, 位于武汉市东湖高新技术开发区某科技工业园。该建筑地上两层, 地下一层, 占地面积 12000m^2 , 建筑面积 7848m^2 。其中地下层为制冷机房、空气处理机房、空压机房、配电房及其它辅助房间, 层高 6.5m 。地上一层为主要工艺用房, 包括原料、磨砂、涂布、固化、切带、带基、组装、测试、维修及成品库, 其中磨砂间层高 6.7m , 其它层高 3.9m 。地上二层为工艺夹层、办公用房及其它辅助房间, 层高 3.3m 。

根据产品生产工艺, 美方要求洁净空调系统技术指标按美国联邦标准 209B 执行。其中 1000 级洁净区面积 812m^2 , 10000 级洁净区面积 414m^2 , 100000 级洁净区面积 1128m^2 , 准洁净区面积 444m^2 , 总洁净面积 2798m^2 。工艺夹层空气洁净度及温、湿度不作要求, 办公辅助用房按一般要求执行。由于办公房间少, 为方便控制, 故另设分体空调器, 不在集中空调系统中考虑。

图 1 为本工程一层平面图。

2 主要设计参数

根据相关规范及生产工艺要求确定的洁

净空调系统室内设计参数见表 1。

3 冷热源设置

3.1 冷源设置

本工程集中空调面积 2798m^2 , 夏季总计算冷负荷 1274kW , 空调面积冷负荷指标 $455\text{W}/\text{m}^2$ 。地下一层设 689kW 活塞式冷水机组 2 台, 供洁净空调系统用冷水, 制冷量 1378kW , 空调面积制冷机装机容量 $492\text{W}/\text{m}^2$ 。冷水供回水温度 $7^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$, 流量为 $2 \times 120\text{m}^3/\text{h}$, 设水泵 3 台, 2 用 1 备, 水泵型号 IS150-135-315A, 并联、定水量运行。另设 2 台 348kW 活塞式冷水机组供工艺用冷水, 冷水供回水温度 $7^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$, 流量为 $2 \times 60\text{m}^3/\text{h}$, 设水泵 3 台, 2 用 1 备, 水泵型号 IS100-65-315, 并联、定水量运行。楼顶平台设 5BND-150 低噪音冷却塔 2 台、5BND-75 低噪音冷却塔 2 台, 地下室配置冷却水泵分别为 IS150-125-250 和 IS125-100-250, 流量分别为 $2 \times 150\text{m}^3/\text{h}$ 和 $2 \times 75\text{m}^3/\text{h}$, 均为 2 用 1 备, 并联、定水量运行。图 2 为地下层洁净空调设备布置平面图。

3.2 热源设置

本工程冬季计算热负荷 426kW , 空调面积热负荷指标 $152\text{W}/\text{m}^2$ 。由于本工程地处高科技工业园区, 园区管理处禁止设置任何形

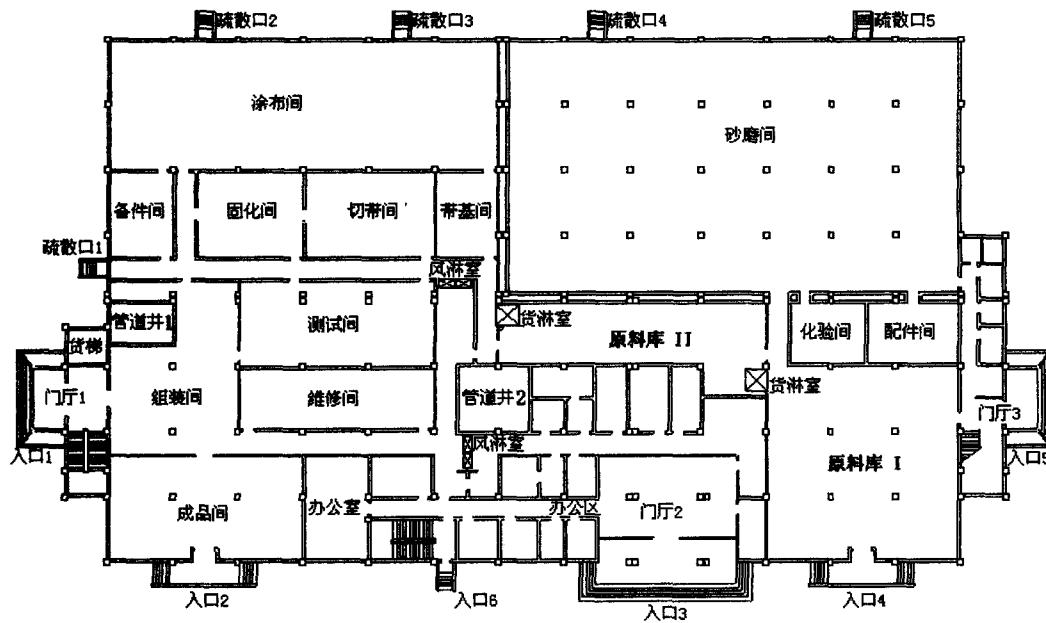


图1 洁净厂房平面图

表1

洁净空调室内设计参数

房间名称	洁净等级	温度	相对湿度	房间正压值	备注
备件间	1000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	40 Pa	
切带间	1000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	40 Pa	
带基间	1000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	40 Pa	
测试间	1000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	40 Pa	
涂布间	1000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	40 Pa	
组装间	10000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	30 Pa	
维修间	10000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	30 Pa	
原料库 II	10000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$50 \pm 5\%$	30 Pa	
砂磨间	100000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$< 50\%$	20 Pa	
化验间	100000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$< 50\%$	20 Pa	
配件间	100000级	$23 \pm 1^\circ\text{C}$	$< 50\%$	20 Pa	
成品间	准洁净级	/	/	正压	
原料库 I	准洁净级	/	/	正压	
烘干道	1000级	/	/	40 Pa	位于工艺夹层
固化间	1000级	$42 \pm 1^\circ\text{C}$	$< 50\%$	40 Pa	
涂布头	100级	/	/	/	涂布设备自带

式的锅炉,集中供热还在规划中,近期无法实现。经商定选用电加热方式供暖和加湿。电加热器由可控硅调功器控制加热量,设于组合式空调器的加热段中。

4.1 空气洁净空调系统设置

根据产品生产工艺要求,将洁净空调系统组织为 5 个全空气系统、4 个自循环系统。备件、切带、带基和测试间均为 1000 级,且房间相邻,设置全空气系统 K1 对其洁净空调,系统风量 $80000\text{m}^3/\text{h}$ 。组装、维修和原料库Ⅱ同为 10000 级,房间也相邻,设置全空气系统 K2 对其洁净空调,系统风量 $60000\text{m}^3/\text{h}$ 。涂布间为本工程关键工序,洁净要求 1 000 级,且单房间面积达 432m^2 ,故单独设置全空气系统 K3 对其进行洁净空调,系统风量 $100000\text{m}^3/\text{h}$ 。K4、K5 全空气系统为 100000 级,对大面积的砂磨间及附属的化验间和配件间 (1128m^2) 进行洁净空调,系统风量均为 $50000\text{m}^3/\text{h}$ 。原料库Ⅰ和成品间为准洁净级,分别设置洁净空调器和空气自净器对其洁净空调,系统风量分别为 $16000\text{m}^3/\text{h}$ 和 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 。烘干道位于工艺夹层,洁净要求 1000 级,温度由烘干设备自行控制,故设置风机和高效、亚高效过滤墙组成的空气洁净自循环系统,并设空气自净器,系统风量 $7600\text{m}^3/\text{h}$ 。固化间洁净要求 1000 级,但设计温度为 $42 \pm 2^\circ\text{C}$,全年为加热负荷,故单

独设置送风系统, 仅由 K1 系统供给一定量的新风以保持室内正压, 循环风量 $14000\text{m}^3/\text{h}$, 新风量 $1500\text{m}^3/\text{h}$ 。

本工程空气洁净处理分为 4 种情况。

1000 级采用初效、中效及高效三级过滤，顶棚密布高效保温风口送风，侧面下部回风，其中大跨度房间涂布房为均衡气流，设置了地沟回风；10000 级也采用初效、中效及高效三级过滤，顶棚高效保温风口送风，侧面下部回风；100000 级采用初效、中效及亚高效三级过滤，亚高效过滤器侧面送风，侧面下部回风；准洁净级采用带中效过滤器立式明装机组并设空气自净器。所有初效、中效过滤均设置在组合式空调器功能段中。洁净房间均设置余压阀以保持正压值。所有高低洁净区通道均设置了风淋室和货淋室，以免尘埃通过人员和原料由低级洁净区向高级洁净区扩散。

房间的温、湿度调节由设置于组合式空调器中的表冷段和加热段来实现。由于房间送风量大,为减少表冷器的空气处理量,节约能源,采用了二次回风系统。负担多个房间的系统将电加热器分散设置在各房间的分支管中,冬季作为主热源加热空气,夏季则作为精加热器调节各房间温度。典型冬夏季空气处理过程见图3。

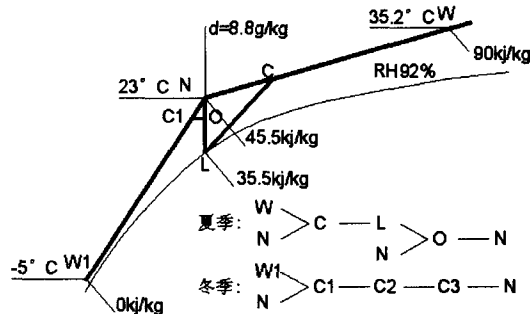


图3 K3系统空气处理焓湿图

空气洁净原理图见图4。

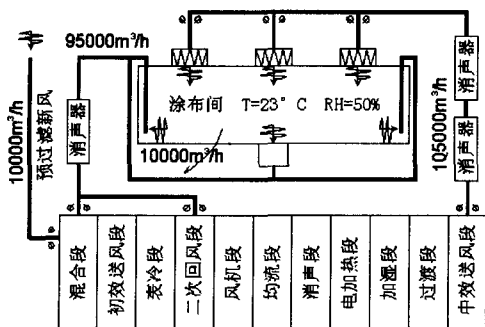


图4 K3系统空气洁净原理图

5 空调水系统

本工程采用闭式定水量水系统。为方便调节，设一组集、分水器，共7个支环路，K1~K5各设一个支环路，原料库I和成品间各设一个支环路。由于冷水系统较小，每支环路所带设备只有一台，仅原料库I支环路为4台，故水系统采用异程式。冷却水系统按常规设置，水泵并联运行。空调水系统流程图见图5。

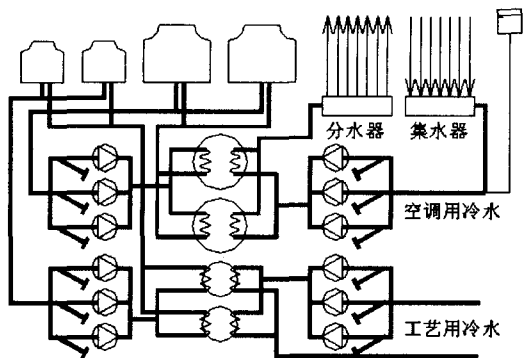


图5 空调水系统流程图

6 空调系统自动控制

本工程风系统的设置主要考虑洁净工艺需要，为保持洁净空间的气流形态，应固定送风量。为简化控制系统，固定了一、二次回风比。

由于本工程对温、湿度均有较高要求，

夏季降温、除湿均由表冷器实现，故采用了温、湿度信号选择控制的方式。在回风管中设置湿度传感器，在送风管及房间设置温度传感器，由其中要求较大冷却量的信号控制表冷器的冷水流量，再由房间温度信号控制再热量，使温度达到设定值。冷水三通阀采用等百分比特性的江森电动三通调节阀。冬季加热、加湿均采用电热，加热量由房间温度信号控制可控硅调功器来调节，加湿量则由回风管湿度信号控制电热式加湿器来开关调节。

在通风管道通过防火分区处、地下室出口处、沉降缝处等均设置防火阀、防火调节阀，并联锁了对应的风机。

7 工程设计心得

7.1 本工程冷、热负荷指标分别达到了 $455\text{W}/\text{m}^2$ 和 $152\text{W}/\text{m}^2$ ，其原因有三个：一是为保持洁净空间的洁净度，需提供大量新风维持房间的正压，导致系统新风负荷急剧增加，本系统新风负荷占系统负荷的57%；二是本工程工艺要求全年恒温 23°C ，导致维护结构传导的冷、热量在普通空调系统的基础上增加了9%~14%；三是许多工艺设备有大量散热，导致夏季冷负荷增加，当然，也减少了冬季热负荷。

7.2 由于多方面原因，本工程冬季加热采用了电热形式，从节能的观点看是不恰当的。以目前的空调技术水平和空调设备生产情况来看，似采用风冷热泵冷热水机组作为系统冷、热源更为恰当。

7.3 本工程送、回风量大，管道展开面积达 6000m^2 左右，在管道施工和安装过程中，需特别注意其密封程度，以减少漏风量，保持洁净空间的气流形态和设计正压值。

7.4 新风入口处应进一步加强预过滤措施，以延长高效过滤器的使用寿命。

(下转第29页)

HVAC PQ (接上页)

过程

在 HVAC 验证的第三部分, 按技术要求和净化级别对尘埃粒子、温度、湿度、微生物检测、光照等等进行测试。

设施的 PQ 验证分为三个不同的阶段:

“空态”(没有设备和人员)

“静态”(有设备但不运行, 没有人员)

“动态”(有人员并且设备处于运行状态)

上述对空气质量验证的测试(不包括微生物检测)是来自于 The Institute of Environmental Sciences Document: 洁净厂房测试中污染控制推荐方法 006.2。该文献中亦包括了每个测试的方法。

生物检测方法来自: IES: 洁净厂房生物污染控制推荐方法 023.1。在“静态”和动态下进行。

进行空气和洁净室的尘埃粒子和微生物检测设备来自 WHO: 医药产品 GMP, TRS823 附件 1, 1992。

数据记录格式已在每个测试执行过程的 SOP 中给出。

一个合格的 PQ 过程应在对三种状态下(空态、静态、动态)20 个工作日连续测试中都能得到稳定的符合技术要求的结果。

报告

责任人核查资料是否完整, 准备偏差报告 PQ 报告并送 QA 部门。

几点说明:

1. 在验证过程中严格按 SOP (标准操作程序) 进行具体操作, 有些 SOP 是由设备厂家提供的, 大量的仍须各专业人员编制, 并得到 QA 人员认可后执行;

2. QA 人员的作用相当大, 所有的文件都必须在 QA 签发后才能生效, 而不是由行政领导批准, 这一点国内普遍比较薄弱;

3. 强调对洁净系统进行验证所用到的系统, 仪器设备, 材料等都要事先得到验证, 这一点在国内有时很难做到, 如采样所用的

培养基, 在欧洲都由得到验证的培养基生产厂家提供, 国内大部分由自己配置。

参考文献

1. 药品生产质量管理规范 (1998) 国家药品监督管理局
2. 空气洁净技术原理 许钟麟
3. Good manufacturing practice for medicinal products (Volume IV) Commission of the European Communities
4. A WHO guide to good manufacturing practice (GMP) requirements World Health Organization Geneva ☐

(上接第 33 页)

参考文献

1. GBJ73—84 洁净厂房设计规范
2. GBJ19—87 采暖通风与空气调节设计规范
3. 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册. 中国建筑工业出版社, 1980

4. 许钟麟. 空气洁净技术原理. 中国建筑工业出版社, 1983
5. 许钟麟、沈晋民. 空气洁净技术应用. 中国建筑工业出版社, 1989
6. 陆耀庆. 供暖通风设计手册. 中国建筑工业出版社, 1987 ☐