

某硅晶片生产厂房净化空调设计

中国电子工程设计院世源科技工程有限公司 姚洪娥[☆]

摘要 结合实例,介绍了洁净室净化空调系统设计原则、气流组织形式、空气处理过程,并讨论了其空调系统的自控问题。

关键词 垂直单向流洁净室 风机过滤单元 变频 自控 干式冷盘管

Cleaning air conditioning design for a silicon chip workshop

By Yao Honge[★]

Abstract With an actual example, presents the principle of cleaning air conditioning system design, air distribution forms and air handling processes for clean rooms, and discusses the problem related to control of the air conditioning system.

Keywords vertical unidirectional air flow cleaning room, fan filter unit, variable frequency, auto control, dry cooling coil

★ China Electronics Engineering Design Institute S. Y. Technology, Engineering & Construction Co., Ltd., Beijing, China

①

1 工程概况

该工程位于辽宁沈阳出口加工区内,是集科研开发、生产制造为一体的专业 SOI 晶圆生产厂房。其工艺流程为:原材料 SOI 晶圆片经氧化、离子注入、键合、切割、退火、抛光等工序后成品出厂。该项目主要生产厂房面积为 6 100 m²,生产配套辅助建筑(含废水处理站、特种气体站、柴油发电机房等)面积为 800 m²。其中洁净室面积约为 1 600 m²(一期),2009 年 10 月试投产,用于工业化生产 10.16~20.32 cm(4~8 in)SOI 晶圆。厂房区划图见图 1。该洁净室洁净级别主要为 ISO4.5 级和 ISO5.5 级,局部为 ISO2.5 级。室内主要设计参数见表 1。



图 1 厂房平面区划示意

根据建设方的要求,除了满足生产厂房工艺的

表 1 洁净室室内设计参数

设计参数	测试、键合、清洗区	裂片区、氧化区、外延区、注入区	注入后区、氧化后区
温度/℃	23±1	23±1	23±3
相对湿度/%	45±5	45±5	35~70
洁净级别(ISO)	4.5(局部 2.5)	5.5	6
正压/Pa	≥10	≥5	≥5

注:正压值为各房间相对于洁净走廊的压差,洁净走廊洁净级别为 ISO7 级。

净化空调参数要求以外,设计时还必须考虑到工艺设备不是一次安装就位,而是陆续投入运行;且平时生产中,排风设备根据需要运行,房间内排风量是变化的;工艺设备的开启与关闭会带来房间内散热量的变化。设计中应采取相应的控制措施确保各净化空调参数满足要求。

该工程除净化空调系统外,还涉及酸碱排风处理系统,氢气、硅烷事故通风系统以及洁净走廊排烟系统。在此仅介绍净化空调的设计。

2 净化空调系统设计

该工程净化空调系统采用新风机组+干表冷盘管+风机过滤单元(FFU)的组合形式。空调区域分

①☆ 姚洪娥,女,1977 年 12 月生,大学,工程师
100097 北京市海淀区蓝靛厂南路 55 号金威大厦 408
(010) 51501084
E-mail: yaohong@ceedi.com.cn
收稿日期:2010-02-24

组成段如图 4 所示。

由于机组风量较大,新风处理焓差很大,因此将表冷段分为两部分以提高效率,两段的制冷量相

同。图 3 中 A 点为一级表冷器后的温控点。L 点为夏季二级表冷器处理后的温控点。

沈阳地区 4, 10 月份为不供暖月份,此时期开

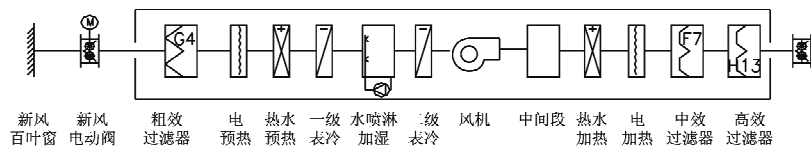


图 4 新风处理机组示意

发区不能提供加热用热水,因此在机组中设立电预热段及电加热段。在计算电加热量时以 4, 10 月份平均气温(10°C)为基准计算。考虑到在严寒季节沈阳地区室外温度最低可到 -22°C ,用热水直接加热室外新风时,新风温度过低会导致换热不充分,从而引起热水盘管冻裂,因此将电预热段放置在热水预热段前,新风经电预热加热至 5°C 后再经热水盘管加热至所需温度,在计算电预热段耗电量时考虑了以上两种情况下的要求。

由于开发区无蒸汽源,不能采用干蒸汽加湿的方式加湿空气,采用电加湿耗电量又很大,因此冬季采用水喷淋加湿。水喷淋可以除掉空气中的灰尘、 SO_2 等有害物质,对保证室内空气洁净度和空气质量也有益处。

当房间内工艺设备不全部使用时,可能会导致房间内发热量不足,所以在新风机组中设置了二次加热段(冬季用热水加热,夏季及过渡季用电加热),通过提高送风温度来保证房间内的温度满足设计要求。

5.2 冷热源及参数

新风机组夏季冷源为 $6^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 冷水,由该建筑内制冷机房提供;二次加热采用电加热。冬季热源为开发区提供的 $60^{\circ}\text{C}/50^{\circ}\text{C}$ 热水。当室外温度低于 5°C 时,联锁开启电预热器以保证热水预热盘管前的空气温度高于 5°C 。

干表冷盘管供回水温度为 $12^{\circ}\text{C}/17^{\circ}\text{C}$ 。夏季制冷机开启时,由 $6^{\circ}\text{C}/11^{\circ}\text{C}$ 冷水通过板式换热器换热得到,冬季制冷机停止运行时,由设在屋顶的冷却塔作为冷源,由冷却水通过板式换热器换热得到。

5.3 空气处理过程及 $h-d$ 图

新风处理焓湿图如图 3 所示。 W_1, W_2 分别为夏季、冬季室外空气状态点。 O 点为洁净室内空气

状态点。 S 为冬季水喷淋前的空气状态点。 L 为机器露点,也是新风机组的送风状态点(未考虑风机温升)。

夏季,室外点 W_1 经过两级表冷器处理到 L 点。冬季室外温度较低,通过电加热与热水加热至 S 点,再进入水喷淋段等焓加湿至 L 点。

6 自动控制

6.1 温度控制

洁净室内的温度是由于表冷盘管调节控制的,比较实测室内温度与设定值,通过 DDC 控制设在干表冷盘管回水管上的电动两通阀的开度,改变水流量,使洁净室的温度保持在控制范围内。新风温度处理到洁净室内空气状态点的机器露点温度后送入送风上夹层中,可以负担部分房间冷负荷,若房间内工艺设备开启数量较少,在其发热量减小到即使完全关闭干表冷盘管依然使室内温度低于设定温度的情况下,可开启新风机组再热盘管(或电加热器),提高送风温度来达到房间内的温度要求。

6.2 湿度控制

该工程洁净室内散湿量很小,湿负荷基本可以忽略不计。通过控制新风的送风状态点来调节房间内相对湿度以达到设定要求,新风的控制送风点为房间的机器露点。夏季,露点传感器测得新风状态参数,并与设定值比较,通过自控程序调节二级表冷器回水管上的电动两通阀的开度以调整新风送风参数,使房间内湿度满足要求。冬季,根据湿度传感器反馈的信号,DDC 控制一次加热器回水管上电动两通阀的开度,改变水流量,调整新风送风参数。过渡季节通过控制一级表冷器回水管上的电动两通阀或电预热器,满足房间的湿度要求。

6.3 压差控制

GB 50073—2001《洁净厂房设计规范》中要求洁净室与周围的空间必须维持一定的静压差,目的是为了以防低洁净级别洁净室内的空气进入高洁净级别洁净室内,避免对高级别洁净室的洁净度产生影响。维持压差风量的确定一般采用换气次数估算,该工程洁净房间全部为无外窗房间,气密性较好,各房间维持压差所需的换气次数如表 3 所示。

表 3 各房间维持压差所需换气次数 h^{-1}		
测试、键合、清洗区	裂片区、氧化区、 外延区、注入区	注入后区、氧化后区
≥ 5	≥ 4	≥ 4

注:正压风量按 $3 h^{-1}$ 换气次数计算。

为保证各洁净房间的压差,在每个房间内均安装压差传感器。需排风的工艺设备的投入运行状态不同时,也就是排风机所负担排风量发生变化时,会直接影响其他需排风设备的排风量,造成房间正压值变化。为适应这种变化,在排风支管上设定风量阀和变频排风机,同时,在每个房间的新风管路上安装变风量控制器(VAV Box)。将压差传感器测量值与设定值的偏差值作为输入信号传至自控程序,自控程序再输出信号调整

VAV Box 的开度。这样,在关闭或打开排风设备导致排风量发生变化时,VAV Box 可自动改变送风量维持房间内所需正压(VAV Box 的最小开度新风量远远大于房间内人员对新风量的要求)。同时,在新风总管上设置静压传感器,在新风机组风机上配变频器,当 VAV Box 改变房间送风量时,新风总管上静压发生改变,静压传感器反馈信号至变频器使风机转速改变,从而改变新风机组的送风量。

7 结语

经过一年的建设,该工程即将竣工。虽然其规模较小,却代表着现今半导体工业洁净室设计的主流思想。温度、湿度、压差均可以通过自控装置自动调节,降低了因为工艺条件改变破坏洁净室环境的概率。但大量的 FFU 集中布置在吊顶上,其噪声控制等问题需要继续探讨。

参考文献:

- [1] 陈霖新. 洁净厂房的设计与施工[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [2] 中华人民共和国信息产业部. GB 50073—2001 洁净厂房设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2001

(上接第 30 页)

- [11] Zhang Yufeng, Zhao Rongyi. Overall thermal sensation, acceptability and comfort [J]. Building and Environment, 2008, 43(1): 45-50
- [12] McIntyre D A. Seven point scales of warmth [J]. Building Services Engineer, 1978, 45(12): 215-226
- [13] McIntyre D A, Gonzalez R R. Man's thermal sensitivity during temperature changes at two levels of clothing, insulation and activity [G]//ASHRAE Trans, 1976, 82(2): 219-233
- [14] Zhang Y, Wyon D P, Fang L, et al. The influence of heated or cooled seats on the acceptable ambient temperature range [J]. Ergonomics, 2007, 50(4): 586-600
- [15] Gagge A P, Stolwijk J A J, Nishi Y. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response [G]//ASHRAE Trans, 1971, 77(1): 247-262
- [16] 茅志成, 郭堂春. 现代中暑诊断治疗学[M]. 北京:人民军医出版社,2000
- [17] Hori S, Tsujita J, Tanaka N, et al. Studies on heat tolerance of subtropical natives after migration to a

- temperature zone [J]. International Journal of Biometeorology, 1978, 22(2): 82-93
- [18] 黑岛晨汛. 环境生理学[M]. 朱世华, 译. 北京:海洋出版社, 1986
- [19] Gagge A P, Stolwijk J A J, Hardy J D. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures [J]. Environment Research, 1967, 1(1): 1-20
- [20] Fiala D. First principles modeling of thermal sensation responses in steady state and transient conditions [G]//ASHRAE Trans, 2002, 108(1): 179-186
- [21] Zhang H. Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environment [D]. USA, Berkeley: University of California, 2003
- [22] Gonzalez R R, Gagge A P. Magnitude estimates of thermal discomfort during transients of humidity and operative temperature and their relationship to the new ASHRAE effective temperature (ET^*) [G]//ASHRAE Trans, 1973, 79(1): 88-96