

高大厂房工业空调通风系统设计

何 彪

(广州制冷集团工程总公司, 广东 广州 510250)

摘要: 针对高大厂房的工业空调通风设计进行阐述,介绍了设计中为切实现分层空调所采用的喷口平行射流的通风气流组织的作用.设计中在工艺生产设备释放大热量及放散粉尘的高大生产厂房内,采用了岗位空调的理念,并采取机械排风除尘及厂房内的循环风除尘的措施,从而一方面使厂房内的作业人员有了一个较为舒适及卫生的工作环境,身体健康有了必要的保证;另一方面又使生产设备及空调设备可以在相对洁净的环境中工作,提高了空调设备效率,达到了节能的目的.

关键词: 工业空调;局部排风;除尘;分层空调;岗位空调;喷口射流

中图分类号: TU83

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)02-0072-04

随着国民经济建设的不断发展,各级城市都有自己的工业开发区,广州在开发区的建设方面更是有着成熟的经验.开发区内许多厂房的空调系统除了办公所需的民用舒适性空调外,更多的是为满足生产工艺的要求.对于层高在 10 m 左右的高大厂房,厂房内的生产工艺对工业空调要求也是多样化的.目前正在使用的许多项目的空调系统,由于没有认识产热、产湿及产尘高大厂房的特殊性,系统设计没有与实际使用状况相结合,造成了空调设备不能高效率使用和空调系统浪费能源的现象.这里试图就某塑料薄膜生产厂房内的空气调节通风及除尘设计提出一些处理方案,为同类工艺要求的厂房工业空调通风系统设计提供参考.

1 工程概况

该项目位于广州的某开发区,建筑四周为砖墙结构,屋面为钢结构,共分 3 个区域:办公区、生产厂房及仓库.

办公区占地面积约 450 m²,分上下两层,层高为 3.5 m,根据业主要求,办公区夏季需要舒适性空调,冬季不考虑采暖(本文不作论述).

生产厂房及仓库(仓库不考虑空调)占地面积各 470 m²,屋顶为人字形,最高层高 9 m,最低层高 8 m,屋顶表面有大量采光带,面积约占总屋面面积的 40%.生产厂房夏季需降温性工业空调,使作业人员能在合理的气温下工作.

2 设计参数^[1]

1) 广州地区室外设计参数

参数见表 1.

表 1 广州地区室外设计气象参数

季节	计算干球温度/℃	计算湿球温度/℃	计算相对湿度/%	大气压力/kPa
夏季	33.5	28		98.61
冬季	5		70	100.29

2) 厂房空调设计参数

夏季室内干球温度 $t = 26 \sim 30$ °C,相对湿度 RH $\leq 65\%$

3 空调方式及气流组织

1) 分层空调、岗位空调及冷负荷指标

经分析厂房空调热源来自多方面,厂房内设备本身大量散发热量(生产设备用电功率高达 700 kW)、生产余热、人员散热、周围结构传热及屋面结构散热,特别是屋面较大面积的采光带所传递的室外阳光直接照射的太阳辐射热.

夏季时,室内未安装空调的地方,气温有时高达 42 °C 以上,屋顶温度更高达 55 °C,如此高温,很不利于作业人员的身体健康,但如果对这样一个高大空间进行全面空调,显然是非常浪费能源的.

根据厂房主要工作区域为地上 2~3 m 的特点,为了有效地节约能源,将该厂房分成上下两个空间考虑,上层 3~9 m 采用机械通风(包括送风与排风),排除车间设备、顶棚热量;下层设计的冷空气从 2~3 m 高度的出风百叶直接送到工作地点,而不考虑 3 m 以上空间气温的高低及非工作地点的温度.因此在这里采用分层空调^[2]与岗位空调的空

收稿日期: 2007-03-02

作者简介: 何 彪 (1965-),男,工程师,主要研究方向为通风与除尘.

方式。

上层空间主要热源为屋面结构传热及采光带所传递的室外阳光直接照射的太阳辐射热；下层空间，即工作区主要热源为设备产生热量和人员散热，主要作业空间在下层，因此设计冷负荷只需满足下层工作地点的需求，同时适当考虑上层空间的影响，即工作地点温度场保持在室内干球温度为 26~30℃，相对湿度 (RH) ≤65%，上层空间与下层工作区之间保持有 30℃的过渡空间。通过计算得出冷负荷指标为

厂房体积：4 300 m³
办公区冷负荷：60 kW
厂房区冷负荷：240 kW
厂房新风冷负荷：60 kW
办公区单位面积安装冷负荷：140 W /m²

厂房区单位面积安装冷负荷：380 W /m²

两台 AHU 送风量各为：24 000 m³ /h 和 16 000 m³ /h

厂房换气次数：9.3 次 · h⁻¹

2) 气流组织的选择

根据厂房生产工艺对厂房内的温度、允许风速、空气质量及空气分布特性的要求，本项目设计采用了“下送下回”的气流组织形式。在不影响厂房行车等操作下，在厂房两边沿墙壁向下引送风管至 2~3 m 处向工作岗位送风，由 AHU 的回风口向下引回风管，回风口设在地上 2~3 m 部位，这样就合理地组织了室内空气的流动，使室内的温度、相对湿度、气流速度更好地满足了生产工艺要求与作业人员的健康要求。具体参见图 1。

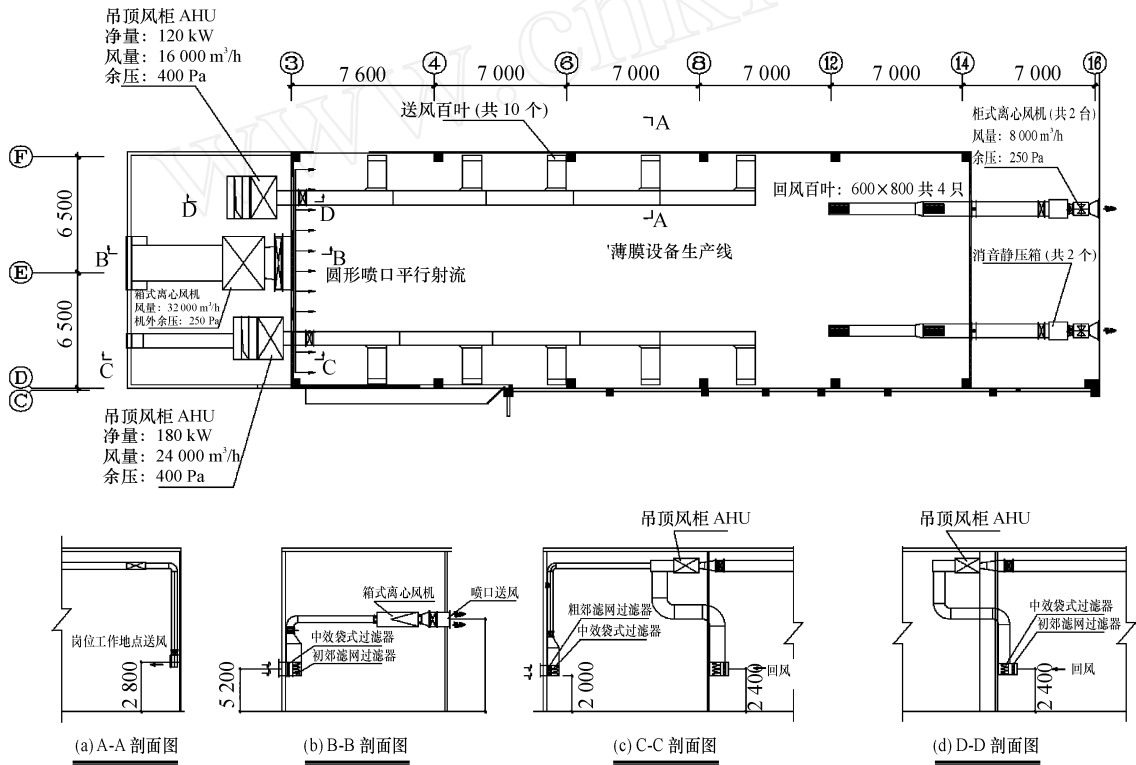


图 1 厂房空调平面及剖面图

4 机械通风除尘系统

1) 喷口送风设计计算^[3]

厂房内生产工艺要求正压环境。工艺生产设备自带局部排风设备，以排除设备生产时产生热量，其排风量为 14 000 m³ /h；工艺生产设备放散大量粉尘，按要求需安装 2 台 8 000 m³ /h 的柜式离心排风机，设局部排风口以排除生产过程中生产设备放散的粉尘。因此，厂房内的总排风量为 30 000 m³ /h 为保证厂房内正压环境，需从室外补风，通过计算，补

风量为 32 000 m³ /h

在离地上 5.2 m 处自同一平面安装多个喷射送风口，使送风沿平行轴线向同一方向送出，形成平行射流，如图 1 所示，这时补风将产生另一作用，即平行射流气流层将厂房的上下两层由气流隔开，保持上、下层有一个 30℃左右过渡空间，这样就可以最大限度地减少屋面结构散热量，特别是屋面较大面积的采光带所传递的室外阳光直接照射的太阳辐射热量对下层气温的直接影响。因此使空调系统更加节省能源，同时也使得分层空

调效果更为明显。

厂房的长、宽、高分别为 35 6、13、9 m。设室内温度 $t_i = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，室内冷负荷为 240 kW，采用喷射送风口形成平行射流，确定射程长 $x = 20\text{ m}$ ，落差 $y = 3.0\text{ m}$ ，送风温差 $\Delta t_0 = 5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，补风量 $L = 32\text{ }000\text{ m}^3/\text{h}$

(1) 确定送风速度 u_0

设定 $d_0 = 0.25\text{ m}$ ，取 $\alpha = 0$ ， $a = 0.076$ ，

则 $y/d_0 = 3.0/0.25 = 12$ ，

$x/d_0 = 20/0.25 = 80$ ，

得 $Ar = (y/d_0)/(x/d_0)^2 \times [0.51 \times (ax/d_0) + 0.35] = 0.0006$ ，

$u_0^2 = gd_0 \Delta t_0 / Ar T_n$ ，

其中 $T_n = 273 + t_i$

算出 $u_0^2 = 73.33$ ，

因此 $u_0 = 8.56\text{ m/s}$

(2) 确定射流末端平均速度 (u_p)

$u_x = u_0 \times [0.48 \times (ax/d_0) + 0.147] = 0.66\text{ (m/s)}$

$u_p = 0.5 \times u_x = 0.33\text{ (m/s)}$

由计算结果，可知

$u_0 = 8.56\text{ m/s} < 10\text{ m/s}$

$u_p = 0.33\text{ m/s} < 0.5\text{ m/s}$

所以均满足要求。

(3) 计算喷口数 N

$N = (L/2)/[3\text{ }600u_0(3.14d_0^2/4)] = 10.6\text{ (个)}$

根据实际情况，取近似整数 $N = 12\text{ 个}$

上述式中

g ——重力加速度， m/s^2 ；

d_0 ——圆形喷口直径， m ；

Δt_0 ——送风温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

x ——射流断面至极点间距离， m ；

y ——射流轴心偏离水平轴之距离， m ；

α ——射流出口轴线与水平轴之夹角；

a ——送风口的紊流系数；

u_0 ——圆形喷口送风速度， m/s ；

u_p ——射流末端平均速度， m/s ；

T_n ——射流周围空气温度， K ；

Ar ——阿基米德数。

2) 除尘设备的选择

(1) 参见图 1，在厂房 8~14 轴 X~F 轴，该区域生产设备放散大量粉尘，因此离地上 7 m 处安装 2 台 $8\text{ }000\text{ m}^3/\text{h}$ 的柜式离心排风机，局部排风口直接安装在粉尘产生处，并在室外排风口安装机械振打除尘器以集中排除生产过程中生产设备放散的粉尘。

(2) 参见图 1，在 AHU 回风口处安装两道抽屉式过滤网，一道定期清洗，另一道经常清洗，保证空调末端回风畅顺。

(3) 厂房内采取循环风除尘的措施。在厂房 8~14 轴 X~F 轴，在空调层，即离地面 3 m 处增加一台柜式离心风机，加装回风管及送风管，在回风管开设多个回风口，回风口处设置抽屉式过滤网，用于及时清洗过滤网上的粉尘，可进一步保护空调末端 AHU 回风空气的洁净，提高了空调系统的工作效率，参见图 2。

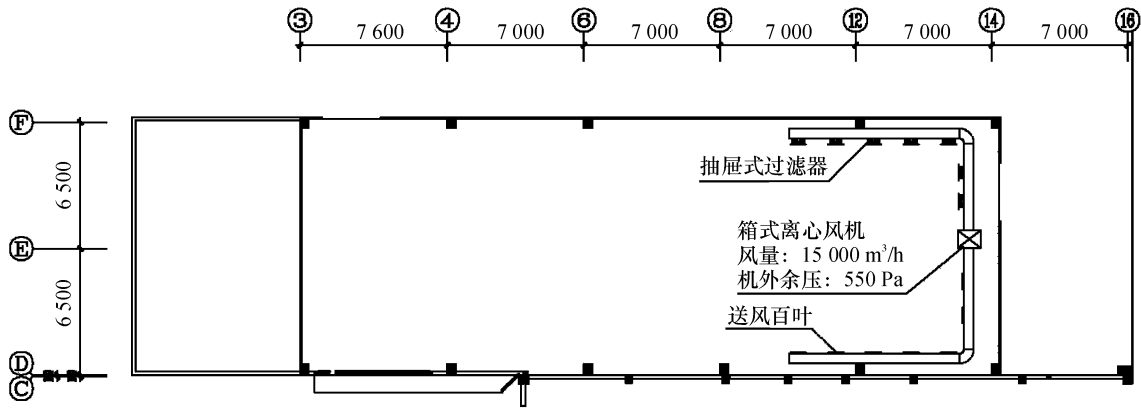


图 2 循环风除尘系统平面布置图

5 空调冷源

根据实际现场情况，选择 6 台空气热源模块机组，单台制冷量为 60 kW，总制冷量为 360 kW，室外机安装在厂房屋顶。

6 运行结果

本项目 2006 年 7 月竣工，验收时，对工作区温度场进行了测试，夏季测试结果表明，工作区温度场完全达到设计要求^[4]，工作岗位温度可达到 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 (RH) $< 65\%$ ，室内保持正压，与室外气压

差值测得为 5 Pa,并且厂房内空气洁净.整个空调系统运行良好.

7 结论

对厂房工业空调通风气流实际使用状况测试的结果表明:

1) 对于高大厂房,使用圆型喷口平行射流将高大空间分成上、下两层,上层空间与下层工作区之间形成过渡空间,下层空调区域将最少受上层高温空气的影响,保持工作区域满意的空调效果.也可根据现场实际情况,让喷射平行气流从车间两头相对送风,分层空调的效果会更加理想.

2) 对厂房内生产设备大量散热的空间空调,岗位空调送风无疑可以最大限度地满足作业人员的需要,同时可以更好地节省能源.

3) 对工艺生产厂房设备放散粉尘的空间空调,应考虑局部排风机械除尘,并在产生区域内采取添加循环风除尘措施.如此,可以更好地使空调末端有最佳的工作状态.如果厂房空调条件允许,循环除尘系统采用分段设置,效果将会更理想.

参考文献:

- [1] 采暖通风与空气调节设计规范 GB50019-2003[S].
- [2] 沈晋明. 执业资格考试丛书(暖通空调专业)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [3] 全国勘察设计注册工程师公用设备专业管理委员会秘书处. 全国勘察设计注册公用设备,工程师暖通空调专业考试复习教材[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [4] 通风与空调工程施工质量验收规范 GB50243-2002[S].

The Design of Industrial Air Ventilation and Conditioning in High-spacious Workshops

HE Biao

(Guangzhou Refrigeration Group Head Office, Guangzhou 510259, China)

Abstract: This article is about the design of industrial air ventilation and conditioning in high-spacious workshops. It has introduced the air distribution of nozzle parallel jet which is used in stratified air conditioning design and the designing concept of working area air conditioning. In the high-spacious workshops, the industrial equipment generates a lot of heat and dust. In order to make sure of the workmen being healthy in such working environment, this design not only uses the designing concept stated above, but also uses mechanical ventilation and dust removal system couple with circular air dust removal. By this way, workmen could get a more comfortable and cleaner working environment, and the industrial and air conditioning equipment would run in a relatively clean condition so that the efficiency could be higher and save energy.

Key words: industrial air conditioning; local exhaust ventilation; dust control; stratified air conditioning working area air conditioning; nozzle jet