

正压风量的计算

洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法

在有关各种净化工程洁净室的设计手册中,对于洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法都列出了复杂的计算过程公式,那么对于那些专业从事洁净室建造的工程师们,专业净化工程设计施工而言,是否有更为快速和简单的计算方法解决洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法呢?在过去的38年里发展中,净化技术洁净室技术经历了快速的发展,在汽车工业,微系统技术,生物技术,表面技术,制药医疗,半导体工业等许多工业分支中,都已开发出了适合自己的洁净室技术。无论何种洁净室技术,都有哪些基本的原则和要求是大家所必须都要遵循的因素,比如说洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法。所有的洁净室,可以有很多不同的标准和要求,但是如果没有正压,那么一切室内环境标准和要求都没有存在的基础,没法达到净化洁净室室内空气洁净度要求。

各种设计手册中复杂的计算方法并不适合现场施工技术人员的需求,在洁净室建造项目中,基本上工程技术人员都在靠经验估算,并没有比较准确而且又简单的洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法。

一个密闭性能良好的洁净室,在使用过程中,主要的漏风途径有以下四种:

- 高效送风口的漏风;
- 高
- 室内门、窗缝隙的漏风;
- 开门过程中的漏风;
- **风淋室**、传递窗各种净化设备的漏风;
- 室内配套设备的工艺排风。

1、缝隙漏风量计算

计算方法一:

$$v=1.29(\Delta P)^{0.5}$$

$$\Delta V=S*v$$

ΔP : 洁净室内外压力差 (Pa)

v : 从缝隙处流过的风速 (m/s)

S : 缝隙面积 (m²)

V : 通过缝隙的泄漏风量 (m³/h)

例：假设条件：房间正压 20pa，门缝长度 3.6m，窗缝长度 40m，假设缝隙宽度 0.01m

门缝隙面积 $S_1=0.01*3.6=0.072m^2$ ，窗缝隙面积 $S_2=0.002*40=0.08m^2$

泄漏风量 $V=s*v=(S_1+S_2)*3600*1.29*(\Delta$

$P)^{1/2}=(0.072+0.08)*3600*1.29*(20)^{0.5}=3157m^3/hr$

计算方法二：

压差法计算方式：

$L=0.827 \times A \times (\Delta P)^{1/2} \times 1.25=1.03375 \times A \times (\Delta P)^{0.5}$

式中 L—正压漏风量 (m^3/s)；0.827—漏风系数；A—总有效漏风面积 (m^2)； ΔP —压力差 (Pa)；1.25—不严密处附加系数

2、开门的泄漏风量

假设条件：房间正压 $\Delta P=20Pa$ ，门面积 $S_3=0.9*2.00=1.8m^2$ ，风速 $v=1.29(\Delta P)^{1/2}=5.77m/s$ ，开启次数 $n=1$ 次/hr，开启时间 $t=5s$

泄漏风量 $Q=S_3*v*t*n=1.8*5.77*5*1*=51.93 m^3/h$

每小时开一次门，开 5 秒，泄漏空气量 51.93 m^3/h

3、风淋室与传递窗的空气泄漏量

假设条件：风淋室体积 15 m^3 ，密闭无缝隙

开闭顺序为(1)开→ (1)关→ (2)开→ (2)关，如图 1 风淋室开闭顺序图

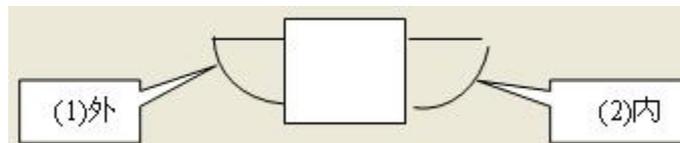


图 1 风淋室开闭顺序图。

分析：以风淋室为例

(1)开时 A/S 内压力为常压 101325Pa

(1)关时 A/S 内压力为常压 101325Pa，保持不变

(2)开时 A/S 内压力为常压 101325Pa，保持不变，但稳定后压力变为与房间内同样压力 101325+20pa

(2)关时 A/S 内压力为常压 101325+20Pa，保持不变

结论：所以需要补充的空气量为 15 m^3 的空间压力变化为 20Pa 时的密闭空间的补气量

根据理想气体方程式 $PV=mRT$ ，(P 气压，单位 Pa；V 体积，单位 m^3 ；m 气体质量单位 kg；R 气体常数等于 287；T 气体开氏温度，单位 K，假设室内温度 25℃，开氏温度为 298K)

需补充空气质量 $m=(\Delta P *V)/(R*T)=(20*15)/(287*298)=0.0035kg=3L$

相对来说风淋室及传递箱的泄漏量较小(密闭良好的情况下)，可忽略不计。

4、工艺排风泄漏风量

工艺排风泄漏风量即为工艺排风量。

以上四种泄漏风量之和即为房间维持正压所需的送风量。

更为快速的计算方法

洁净时正压换气次数(次/时)，如表 1 正压换气次数经验数据表,通过此表,可以更快速的计算正压送风量, 洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法。

表 1 正压换气次数经验数据表。

室内正压值 (Pa)	有外窗、密封性稍差的 洁净室	有外窗、密封性较好的 洁净室	无外窗、土建式 洁净室
5	0.9	0.7	0.6
10	1.5	1.2	1
15	2.2	1.8	1.5
20	3	2.5	2.1
25	3.6	3	2.5
30	4	3.3	2.7
35	4.5	3.8	3
40	5	4.2	3.2
45	5.7	4.7	3.4
50	6.5	5.3	3.6

例，洁净室要求正压为 20Pa(表中第四行)，洁净室体积为 100m³，洁净室是有外窗、密封性较好的洁净室(表中第二列)，那么此洁净室维持正压所需的送风量 $V = \text{换气次数} \times 100\text{m}^3 = 250\text{m}^3$ (不包括工艺排风)

为什么有时不能达到理想正压？

- 1、新风补充量不足：重新计算新风需求量
- 2、泄漏量过大：找出泄漏原因，寻出解决方案
- 3、排风量太大：主要是工艺排风量超标，重新计算
- 4、**空调**回风量太大：重新调节风量

简单计算法的应用实例一在洁净室建造中为投资方节约能源

合理的正压值对洁净室各项指标的达标及降低运行成本是非常重要的。

半导体厂工程设备用电约占全厂用电的 49%，冷动机用电占工程设备用电的 35%，洁净室空气处理机组用电占工程设备用电的 23%。洁净室正压设定值越大，空气处理机组送风量越大，冷动机负荷越高，降低电力的耗用，即减少资源的消耗与污染源的制造。所以基于以上分析可知洁净室内的正压设定直接关系到厂区运行成本, 洁净室漏风原因分析及洁净室正压送风量计算方法。

以松江九亭高科区富士金上海松江工厂为例(FUJIKIN)2002年三月至七月,该厂主要由一个150 m²的1000级洁净室和一个100m²的1级洁净室组成,正压设定值为50Pa,现以其1级洁净室为例计算所需新风量。

计算条件

面积100m²,层高3m,高架地板下部空间1m,FFU满布加高架地板系统。窗9扇(1m x 1m),门1扇(1m x 2.1m),每小时开启一次,每次持续5秒,风淋室一个,传递箱一个(1m³),工艺排风1000CMH,整个洁净室气密性良好,正压设定为50Pa。

计算过程

1. 缝隙泄漏风量

$$V=(S_1+S_2)*3600*1.29*(\Delta P)^{1/2}$$
$$(0.01*1*4*9+0.02*1*2+0.02*2.1*2)*3600*50^{(1/2)}*1.29 = 4642\text{m}^3/\text{h}$$

2. 开门泄漏风量

$$Q=S_3*1.29*(\Delta P)^{1/2}*t*n$$
$$(2.1*1)*(50^{(1/2)}*1.29)*5*1 = 109 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. 风淋室和传递窗密闭良好,假设无漏风

4. 工艺排风量为1000CMH

控制50Pa正压所需的新风量为4624+109+1000 = 5733 m³/h

若根据表1经验值估算,控制50Pa正压所需风量为5.3*100*4 +1000=3120m³/h

取大值5733 m³/h

实际余压阀显示正压为65Pa

业主出于节能考虑,要求降低正压至35Pa。

一、针对FFU风速进行改善

改善方式:

- 1、通过中控电脑,调整FFU马达转速降低(original: 1,300 rpm)
- 2、观察洁净室压力值的变化(original: 65 Pa)
- 3、持续降低转速直至压力为45 Pa
- 4、记录FFU最后的转速并观察洁净室压力

二、针对(MAU)风速进行改善

改善方式:

- 1、通过中控电脑调整MAU马达转速(original:45Hz)
- 2、观察洁净室压力值的变化(original: 45 Pa)
- 3、持续降低转速直至压力为35Pa
- 4、记录MAU最后的转速,并观察洁净室压力

三、最终节能效果

1、降低 FFU 转速

(1)FFU 转速由 1,300 rpm 降至 1,100 rpm

(2)共计可节省 FFU 马达耗电：62 Kw

2、降低 MAU 转速

(1)调节洁净室压力至 35Pa，MAU 负载 由 45 Hz 降至 41 Hz

(2)共计可节省 MAU 马达耗电：4 kW。

(3)降低洁净室正压同时可减少室外新风(MA)供应量以节省能源

压差风量，对于工业洁净室,洁净室面积较大者，国内推荐的是：

换气次数法 $1\sim 2 \text{ h}^{-1}(\Delta p=5\text{Pa})$

$1\sim 4 \text{ h}^{-1}(\Delta p=10\text{Pa})$

小面积的洁净间用缝隙法

$Q=a\cdot Z(q\cdot L) \text{ m}^3/\text{h}$

a——1.1~1.2 安全系数,视围护结构气密性确定.

q—— 单位长度缝隙的渗漏量 (某压差值时) $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$

房间气密性好的可按下表计算正压气量,差的适当加大:

正压值: 正压换气量 (次/小时)

5 Pa	0.6
10 Pa	1.0
15 Pa	1.5
20 Pa	2.1
25 Pa	2.5
30 Pa	2.7
35 Pa	3.0
40 Pa	3.2
45 Pa	3.4
50 Pa	3.6