

医药净化空调系统渗透风量计算方法

李雷雷

中国电子系统工程第四建设有限公司医药工程设计院, 河北 石家庄 050000

[摘要] 医药洁净区正压渗透风量直接影响到净化空调系统新风比。新风比是重要的设计参数, 直接影响到空调系统的计算冷负荷, 夏季尤其是雨季有无法达到室内温湿度要求的情况。文中系统地介绍了三种正压渗透风量计算方法。为实际设计和使用打下了基础。

[关键词] 渗透风量; 新风比; 计算方法

DOI: 10.33142/aem.v6i1.10760

中图分类号: TU8

文献标识码: A

Calculation Methods for Infiltration Air Volume of Pharmaceutical Purification Air Conditioning Systems

LI Leilei

Pharmaceutical Engineering Design Institute of China Electronics System Engineering Fourth Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The positive pressure infiltration air volume in pharmaceutical clean areas directly affects the fresh air ratio of purification air conditioning systems. The fresh air ratio is an important design parameter that directly affects the calculated cooling load of the air conditioning system. In summer, especially during the rainy season, there may be situations where indoor temperature and humidity requirements cannot be met. The article systematically introduces three calculation methods for positive pressure infiltration air volume, laying a foundation for practical design and use.

Keywords: permeation air volume; fresh air ratio; calculation methods

引言

净化空调系统是制药企业对产品质量提供保证的关键因素之一。新风比是净化空调系统的重要设计参数。新风量是补偿室内排风量和保持室内正压所需新风量之和, 与保证供给室内每人新鲜空气量两者最大值。而保持室内正压所需新风量相关的标准和设计手册少有涉及, 有些同行甚至忽略。在设计过程中, 造成新风比小, 进而影响空调系统的冷负荷计算减小, 空调机组冷盘管选型偏小, 造成洁净室内的温湿度达不到设定要求。

本文将对渗透风量的计算方法和对新风比的影响进行分析。

1 正压渗透风量的计算方法

维持洁净室压差值所需的压差风量(下文简称为渗透风量)在设计中常用的计算方法有两种,(1)换气次数法, 根据洁净室内的相对压差值, 查表得出维持正压需要的换气次数, 进而计算出渗透风量;(2)工程经验法, 根据多个工程上调试洁净室内相对压差得出的经验, 顺着压力梯度降低的方向, 房间单开门渗透风量 $100\text{m}^3/\text{h}$, 双开门渗透风量 $200\text{m}^3/\text{h}$, 单个空调系统服务的洁净区, 为维持室内正压, 洁净区域整体渗透风量换气次数 $1\sim 2.5$ 次。正压值低时, 取下限, 正压值高时, 取上限。以实际项目为例, 对两种方法分别计算。选取的案例是冻干粉针, B 级罐装区, 包括人员更衣, 器具接收等房间, 详见图 1。

案例:

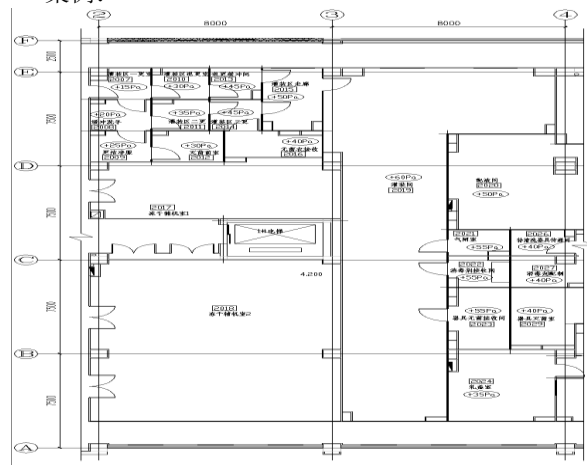


图 1 罐装区平面图

(1) 换气次数法

保持洁净室内正压需要的换气次数详见表 1: L (次/h)

洁净室的渗透风量计算公式:

$$Q_1 = V * L$$

Q_1 : 维持洁净室压差值所需的压差风量 (m^3/h)

V : 洁净室的体积 (m^3)

L : 保持洁净室内正压需要的换气次数 (次/h)

表 1 保持室内正压所需的换气次数

室内正压值 (Pa)	无外窗房间
5	0.6
10	1.0
15	1.5
20	2.1
25	2.5
30	2.7
35	3.0
40	3.2
45	3.4
50	3.6
55	3.8
60	3.9

洁净室的回风量:

$$Q_2 = Q - Q_1 - Q_3 - Q_4$$

Q₂: 洁净室的回风量 (m³/h)

Q: 洁净室的送风量 (m³/h)

Q₁: 洁净室的渗透风量 (m³/h)

Q₃: 洁净室的排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

Q₄: 洁净室的设备排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

空调系统的新风量:

$$Q_5 = \Sigma Q - \Sigma Q_2$$

用 EXCEL 表编辑上述公式, 计算见表 2:

经计算, 新风比为 16%。

(2) 工程经验法

该案例为 B 级区, 压差值高, 空调系统服务的洁净区域整体正压渗透风量换气次数取 2.5 次/h。顺着压力梯度降低的方向, 单开门渗透风量 100m³/h, 双开门渗透风量 200m³/h, 详见图 2, 阴影区。

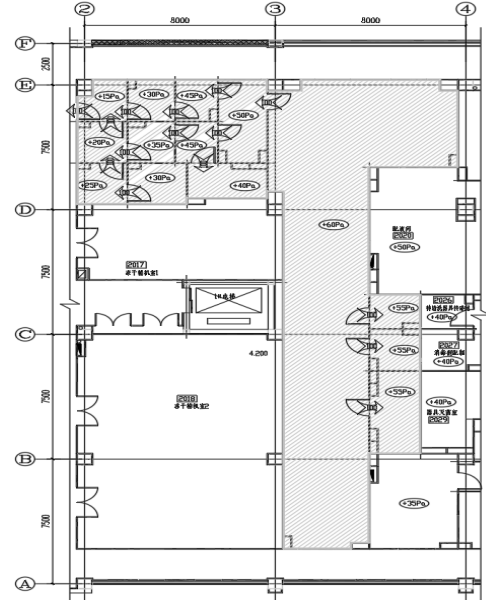


图 2 门缝渗透风量

洁净室的渗透风量计算公式:

表 2 换气次数法渗透风量计算表

房间 编号	房间名称	级别	面积 m ²	高 m	体积 m ³	换气 次数	洁净 风量	房间排 风系数	房间 排风	局部 排风	回风 风量	设计 送风量	最终换 气次数	房间 压差	压差换 气次数	压差渗 出风量
						V/h	m ³ /h		m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	V/H	Pa	V/H	m ³ /h
2007	罐装区一更室	D	4.7	2.6	12.2	20	240	1	220		0	240	20	15	1.5	20
2008	缓冲洗手	D	5	2.6	13	20	260		0		230	260	20	20	2.1	30
2009	更洁净服	D	5	2.6	13	20	260		0		230	260	20	25	2.5	30
2010	灌装区退更室	C	4.8	2.6	12.5	30	370	1	340		0	370	30	30	2.7	30
2011	灌装区二更	C	4.8	2.6	12.5	60	750		0		710	750	60	35	3	40
2012	灭菌前室	D	5.9	2.6	15.3	20	310	1	270		0	310	20	30	2.7	40
2013	退更缓冲间	B	4.2	2.6	10.9	60	660	1	620		0	660	60	45	3.4	40
2014	灌装区三更	B	4.2	2.6	10.9	60	660		0		620	660	60	45	3.4	40
2015	灌装区走廊	B	9.9	2.6	25.7	60	1540		0		1450	1540	60	50	3.6	90
2016	无菌衣接收	B	6.4	2.6	16.6	60	1000		0		950	1000	60	40	3.2	50
2019	灌装间	B	123	2.7	332	60	19930		0		18730	19930	60	60	3.6	1200
2021	气闸间	B	4	2.6	10.4	60	620	1	580		0	620	60	55	3.6	40
2022	消毒剂接收间	B	4.6	2.6	12.0	60	720	1	680		0	720	60	55	3.6	40
2023	B 级器具无菌接收	B	10	2.6	26.0	60	1560		0		1470	1560	60	55	3.6	90
			197.5						0		24390	28880				1780
											新风比	0.16				

$Q1=V \times L$

Q1: 维持洁净室压差值所需的压差风量 (m³/h)

V: 洁净区的总体积 (m³)

L: 保持洁净室内正压需要的换气次数 (次/h)

洁净室的回风量:

$Q2=Q-Q1-Q3-Q4-Q5+Q6$

Q2 洁净室的回风量 (m³/h)

Q: 洁净室的送风量 (m³/h)

Q1: 洁净室的渗透风量 (m³/h)

Q3: 洁净室的排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

Q4: 洁净室的设备排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

Q5: 通过门缝渗出风量 (m³/h)

Q6: 通过门缝渗入风量 (m³/h)

空调系统的新风量:

$Q7=\Sigma Q-\Sigma Q2$

用 EXCEL 表编辑上述公式, 计算见表 3:

经计算, 新风比为 16%。

两种方法计算结果相同。

(3) 根据《洁净厂房设计规范》GB50073-2013 条文解释中 6.2.3 介绍的缝隙法计算渗透风量。为了简化计算过程, 在此, 我们忽略不同压差相邻房间, 壁板间的渗透风量; 顶板、壁板拼接处的渗透风。壁板的渗透风量只计算房间顶板和壁板的衔接处, 顶板和顶板衔接处的缝隙长度; 门, 窗的缝隙长度, 详见图 3。根据下列公式

计算风量。

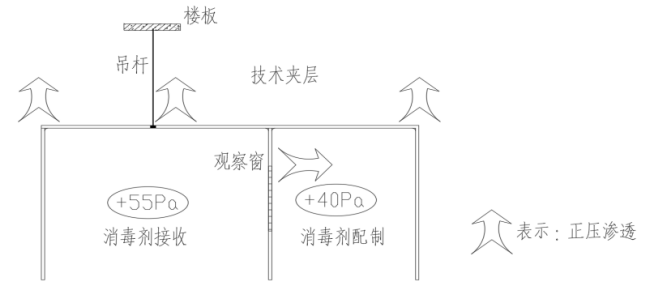


图 3 洁净室缝隙渗透示意图

$Q1=a \times \Sigma (q \times L)$

Q1: 维持洁净室压差值所需的压差风量 (m³/h);

a: 根据围护结构气密性确定的安全系数, 可取 1.1~1.2;

q: 当洁净室为某一压差值时, 其围护结构单位长度缝隙的渗漏风量 m³/(h.m);

L: 围护结构的缝隙长度 (m)

洁净室的回风量:

$Q2=Q-Q1-Q3-Q4$

Q2 洁净室的回风量 (m³/h)

Q: 洁净室的送风量 (m³/h)

Q1: 洁净室的渗透风量 (m³/h)

Q3: 洁净室的排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

Q4: 洁净室的设备排风量 (工艺生产要求) (m³/h)

表 3 工程经验法渗透风量计算表

房间编号	房间名称	级别	面积 m²	高 m	体积 m³	换气次数	洁净风量	房间排风系数	房间排风	局部排风	回风量	设计送风量	最终换气次数	房间压差	压差渗入风量	压差渗出风量
						V/h	m³/h		m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	V/H	Pa	m³/h	m³/h
2007	灌装区一更室	D	4.7	2.6	12.2	20.0	240	1	340		0	240	20	15	200	100
2008	缓冲洗手	D	5	2.6	13.0	20.0	260		0		360	260	20	20	200	100
2009	更洁净服	D	5	2.6	13.0	20.0	260		0		260	260	20	25	100	100
2010	灌装区退更室	C	4.8	2.6	12.5	30.0	370	1	370		0	370	30	30	100	100
2011	灌装区二更	C	4.8	2.6	12.5	60.0	750		0		750	750	60	35	100	100
2012	灭菌前室	D	5.9	2.6	15.3	20.0	310	1	210		0	310	20	30		100
2013	退更缓冲间	B	4.2	2.6	10.9	60.0	660	1	660		0	660	60	45	100	100
2014	灌装区三更	B	4.2	2.6	10.9	60.0	660		0		560	660	60	45	100	200
2015	灌装区走廊	B	9.9	2.6	25.7	60.0	1540				1440	1540	60	50	100	200
2016	无菌衣接收	B	6.4	2.6	16.6	60.0	1000		0		1100	1000	60	40	100	
2019	灌装间	B	123	2.7	332.1	60.0	19930		0		19530	19930	60	60		400
2021	气闸间	B	4	2.6	10.4	60.0	620	1	720		0	620	60	55	100	
2022	消毒剂接收间	B	4.6	2.6	12.0	60.0	720	1	820		0	720	60	55	100	
2023	B 级器具无菌接收	B	10	2.6	26.0	60.0	1560		0		1660	1560	60	55	100	
	系统漏风量				523.2						-1310				1400	1500
			196.5		523.2		28880				24350	28880	55			
											新风比	0.16				

表 4 缝隙法渗透风量计算表（一）

房间编号	房间名称	级别	面积 m ²	高 m	体积 m ³	换气 次数	洁净风 量	房间排 风系数	房间排 风	局部 排风	回风风量	设计 送风量	最终换气 次数
						V/h	m ³ /h		m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	V/H
2007	灌装区一更室	D	4.7	2.6	12.2	20.0	240	1	260		0	240	20
2008	缓冲洗手	D	5	2.6	13.0	20.0	260		0		250	260	20
2009	更洁净服	D	5	2.6	13.0	20.0	260		0		250	260	20
2010	灌装区退更室	C	4.8	2.6	12.5	30.0	370	1	350		0	370	30
2011	灌装区二更	C	4.8	2.6	12.5	60.0	750		0		730	750	60
2012	灭菌前室	D	5.9	2.6	15.3	20.0	310	1	260		0	310	20
2013	退更缓冲间	B	4.2	2.6	10.9	60.0	660	1	610		0	660	60
2014	灌装区三更	B	4.2	2.6	10.9	60.0	660		0		620	660	60
2015	灌装区走廊	B	9.9	2.6	25.7	60.0	1540		0		1420	1540	60
2016	无菌衣接收	B	6.4	2.6	16.6	60.0	1000		0		1010	1000	60
2019	灌装间	B	123	2.7	332.1	60.0	19930		0		19760	19930	60
2021	气闸间	B	4	2.6	10.4	60.0	620	1	440		0	620	60
2022	消毒剂接收间	B	4.6	2.6	12.0	60.0	720	1	710		0	720	60
2023	B级器具无菌接收	B	10	2.6	26.0	60.0	1560		0		1540	1560	60
			196.5						0		25580	28880	
											新风比	0.11	

表 4 缝隙法渗透风量计算表（二）

房间编号	房间名称	压差 Pa	密闭门			渗出风量 m ³	渗入风量 m ³	单层固定密闭钢窗			渗出风量 m ³	渗入风量 m ³	壁板			渗出风量 m ³	合计渗出风量 m ³
			高	宽	合计			高	宽	合计			宽	长	合计		
			m	m	m			m	m	m			m	m	m		
2007	灌装区一更室	15	2.1	1	6.2	49.6	74.4						2.1	2.5	9.2	7.36	-20.93
2008	缓冲洗手	20	2.1	1	6.2	24.8	24.8						2.1	2.5	9.2	9.2	11.04
2009	更洁净服	25	2.1	1	6.2	24.8	24.8						2.1	2.5	9.2	11.04	13.25
2010	灌装区退更室	30	2.1	1	6.2	49.6	49.6						2	2.5	9	12.6	15.12
2011	灌装区二更	35	2.1	1	6.2	49.6	49.6						2	2.5	9	13.5	16.2
2012	灭菌前室	30	2.1	1	6.2	24.8							2.5	2.5	10	14	46.56
2013	退更缓冲间	45	2.1	1	6.2	49.6	24.8						1.8	2.5	8.6	16.34	49.37
2014	灌装区三更	45	2.1	1	6.2	37.2	24.8						3.3	2.1	10.8	18.36	36.91
2015	灌装区走廊	50	2.1	1	6.2	49.6		2.1	1.5	7.2	18.72		2	5	14	28	115.58
2016	无菌衣接收	40	2.1	1	6.2		24.8						3.3	2.1	10.8	18.36	-7.728
2019	灌装间	60	2.1	1	6.2	74.4		1.2	1.5	5.4	14.04		8	5.2	26.4	52.8	169.49
			2.1	1	6.2	37.2		1.2	1.5	5.4	5.4		3.6	23	53.2	106.4	178.8
								1.2	1.2	4.8	8.16						9.792
								2.1	1.5	7.2	18.72						22.464
2021	气闸间	55					24.8						2.1	2	4.1	8.2	-19.92
2022	消毒剂接收间	55					24.8	1.2	1.5	5.4	7.02		2.1	2.5	4.6	9.2	-10.30
2023	器具无菌接收	55					24.8						2.1	5	14.2	28.4	4.32

空调系统的新风量：

$$Q_7 = \sum Q - \sum Q_2$$

用 EXCEL 表编辑上述公式，计算见表 4：

新风比：11%。小于上述两种计算方法。

2 数据分析

(1)将每种计算方法中的渗透风量分别单独统计如下：

①换气次数法, 正压渗透风量合计为 $1780\text{m}^3/\text{h}$ 。

②工程经验法, 正压渗透风量合计为 $1410\text{m}^3/\text{h}$ 。

③缝隙法, 正压渗透风量合计为 $630\text{m}^3/\text{h}$ 。缝隙法计算时, 进行了简化, 在此对该风量数据进行修正, 修正系数选择 1.2, $630 \times 1.2 = 756\text{m}^3/\text{h}$ 。

换气次数法的正压渗透风量最大, 工程经验法, 都大于缝隙法的计算渗透风量。

(2) 渗透风量形成的新风比例分别计算如下:

①换气次数法, $1780/28880=6\%$

②工程经验法, $1410/28880=4.8\%$

③缝隙法, $756/28880=2.6\%$

3 结论

(1) 医药项目净化空调系统在计算时, 不应忽略渗透风量。

(2) 在设计计算过程中, 换气次数法和工程经验法, 计算相对简单快捷, 计算结果能满足渗透风量的要求。都可采用。

[参考文献]

[1] 陆耀庆. 《实用供热空调设计手册》(第二版) [G]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

[2] 中华人民共和国工业和信息化部. 《洁净厂房设计规范》GB50073-2013 [G]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2013.

作者简介: 李雷雷 (1985.12—), 毕业院校: 天津工业大学; 所学专业: 建筑环境与设备工程; 当前就职单位: 中国电子系统工程第四建设有限公司; 职务: 设计经理; 职称级别: 高级工程师。