

风冷式多联机空调系统设计探讨

华润置地(北京)股份有限公司 唐蓓[☆]

摘要 通过对市场主流风冷式多联空调机的调研,结合实际工程设计经验,对风冷式多联机空调系统的室内外机选型及修正、室外机房的设计、以及室内外机的设计/安装条件进行总结,旨在对提供统一的设计方法和设计标准进行探讨。

关键词 多联机 空调设计 修正 安装条件 设计选型

Multi-connected split air conditioning system design

By Tang Bei[★]

Abstract Based on research of mainstream multi-connected split air conditioner, in the light of practical design experience, describes the indoor and outdoor unit selection and correction, outdoor refrigerating plant room design, and the design and installation conditions, to provide a unitary method and criteria for designing.

Keywords multi-connected split air conditioning, air conditioning design, correction, installation condition, design and selection

★ China Resources Land(Beijing) Co., Ltd., Beijing, China

①

0 引言

风冷式多联机空调系统在住宅、会所和小型商业用房中应用广泛,目前国内指导多联机系统设计的标准有 JGJ 174—2010《多联机空调系统工程技术规程》和 GB/T 27941—2011《多联式空调(热泵)机组应用设计与安装要求》,本文从实际工程经验出发,对风冷式多联机空调系统的设计选型过程及室内外机的设计/安装条件进行总结,旨在探讨统一的设计方法和设计标准。

空调负荷计算仅凭估算或虽按不稳定传热计算但对负荷修正系数选择不当,会造成空调负荷计算偏差较大,设备选型或大或小。

设计过程中给相关专业提供的预留条件,比如电量、室外机空间尺寸、百叶要求、荷载等等没有标准,不是偏大造成浪费就是偏小难以满足功能要求。

需要说明的是,本文仅针对传递空调冷热量的介质为氟利昂,且其室外散热方式为空气冷却的空调系统的应用而言。

文中的数据是参照典型厂商提供的数据整合而来,虽已尽最大努力涵盖尽可能多的厂商数据,但仍不可能覆盖齐全,所以据此数据完成的设计,最终要根据采购的设备进行校核。

1 设计选型

1.1 空调室内外机的选型

1.1.1 设计条件的确定和冷热负荷计算

1) 确定空调室外计算温度;2) 确定室内空调计算温度;3) 确定门、窗、墙的传热系数;4) 确定窗户的内外遮阳情况和构造情况;5) 确定灯光、人员、新风量数值;6) 确定冷风渗透量;7) 计算围护结构面积;8) 用逐时传热法计算冷负荷和稳态传热计算热负荷,或用专用负荷计算软件计算。

1.1.2 对制冷/制热量进行修正

1) 等效配管长度修正

① 等效配管长度计算

等效长度小于或等于 90 m 时:

等效配管长度 = 实际液管配管长度 + \sum (不同管径下的弯管个数 × 弯管等效长度) + (分歧管个数 × 分歧管等效长度)

等效长度大于 90 m 时:

①[☆] 唐蓓,女,1968年5月生,大学,高级工程师
100035 北京市西城区西直门内大街118号冠华大厦11层
(010) 66001188
E-mail: tangbei7@aliyun.com

收稿日期:2012-03-21

一次修回:2012-06-03

二次修回:2013-07-08

等效配管长度 = 液管主管的等效长度 × 修正系数 + 第一分歧管后的配管等效长度

弯头及分歧管等效配管长度计算见表 1。

表 1 弯头及分歧管等效配管长度计算

管径/mm	90°弯管		分歧管等效长度/m
	管径/mm	等效长度/m	
Ø6.4		0.16	0.5
Ø9.5		0.18	0.5
Ø12.7		0.20	0.5
Ø15.9		0.25	0.5
Ø19.1		0.35	0.5
Ø25.4		0.45	0.5
Ø31.8		0.55	0.5
Ø34.9		0.60	0.5
Ø38.1		0.65	0.5
Ø41.3		0.75	0.5

注:表中数据仅为参考,用以初步确认配管长度修正。

等效配管长度大于 90 m 时,主管尺寸放大需乘以相应的修正系数,但此修正系数各品牌差异较大,需参照各品牌供应商的要求,本文暂不约定。

② 等效配管长度修正(见表 2)

表 2 等效配管长度修正

室外机高度/m	等效配管长度(制冷工况)/m				
	25	50	75	100	125
-15~15	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

室外机高度/m	等效配管长度(制热工况)/m				
	25	50	75	100	125
-15~15	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88

注:为简化数据,将项目通常遇到的室外机布置高差范围的修正整合为 1 个参数,超越此高差范围的数据请参照设备供应商的要求。

2) 室内外温度修正

① 室内外温度修正说明

空调室内外机的参数是在标准工况(制冷工况:室外干/湿球温度 35℃/24℃,室内干/湿球温度 27℃/19℃;制热工况:室外干/湿球温度 7℃/6℃,室内干/湿球温度 20℃/15℃)下测定的参数,若空调机实际运行工况与标准工况有偏差,需对室内外温度进行修正。

② 室内外温度修正系数(见表 3)

表 3 室内外温度修正系数

夏季			冬季		
室内温度/℃	室外温度/℃	系数	室内温度/℃	室外温度/℃	系数
27	35	1	20	5	1
27	38	0.97	20	0	0.9
27	40	0.95	20	-5	0.8
25	35	0.95	20	-10	0.7
25	38	0.95	22	5	1
25	40	0.95	22	0	0.9
			22	-5	0.8
			22	-10	0.7

3) 配置率修正

① 配置率修正说明

室内机因使用时间不同、峰值出现的时间不同及其选型靠挡级等原因,其总容量可以大于室外机实际需要的总容量,此种配置方式称为超配。从技术上讲室内机的容量最大超配为室外机容量的 1.3 倍,超配虽然可以提升室外机的额定功率,但因提升比例小于超配比例,故室内机的实际功率将小于其额定功率,即室内机的实际功率应是额定功率乘以因超配而产生的配置率修正系数。

超配修正需要试算:可以先假设一个配置率,然后根据假设的配置率选择配置率修正系数,最终选择室外机后再校核配置率,并按照实际的配置率重新选择修正系数再计算,重复计算直至实际的配置率和假设的配置率相符为止。

配置率为室内机标准工况下额定制冷/制热容量除以室外机标准工况下额定制冷/制热容量。

配置率建议取 110%~125%,对于同时开启率较高的项目取低值,同时开启率较低的项目取高值。

② 配置率修正系数(见表 4)

表 4 配置率修正系数

配置率/%	修正系数(标准工况温度)
100	1
110	0.90
120	0.85
130	0.80

注:标准工况为室外干球温度 35℃,室内湿球温度 19℃。

4) 制热工况融霜修正系数(见表 5)

表 5 制热工况融霜修正系数

系数	室外温度/℃				
	≤-7	-5	0	5	7
	0.95	0.90	0.85	0.90	1

注:北京地区建议取 0.85。

5) 快速制冷及部分运行修正

本修正仅针对空调部分开启和间歇运行的场所,如住宅,该场所空调的运行特点是:

① 同一时间仅开启部分空调,部分空调开启时,冷量会向非空调空间散失,特别是对于连通的大空间则更为明显。

② 每台空调会在部分时段间歇运行。

③ 空调开启时希望短时间快速制冷。

对于空调全部同时开启且连续运行的场所,其室内机不作此项修正。此修正系数尚在经验积累

之中。北京地区快速制冷及部分运行修正系数见表 6。

表 6 快速制冷及部分运行修正系数(北京地区)

	非顶层	顶层
普通房间(北、东、南)	1.2	1.3
南向大玻璃窗或西向房间	1.3	1.4
西向大玻璃窗房间	1.4	1.5
餐厅、客厅	1.4	1.5

注:外窗开向下沉庭院的房间均按普通房间考虑。

6) 安全系数

对于连续运行的空调,其室内机需考虑一定的安全系数,主要原因是:

- ① 不可预见的负荷或是冷热量损失。
- ② 设备运行后额定功率的衰减。
- ③ 其他不可预见因素。

安全系数建议取 1.1~1.2。

已经考虑了快速制冷及部分运行修正的室内机不再考虑安全系数修正。

1.1.3 根据修正后的制冷/制热量选择室内机

上述关于等效配管长度、室内外温度、配置率及制热工况融霜的修正是对多联机额定功率的修正,冷热负荷应除以上修正系数。快速制冷及部分运行修正和安全系数是对计算负荷的修正,冷热负荷应乘以上修正系数。应按照修正后冷热负荷的最大数值选择室内机。

根据常规室内机规格选择大于且最接近计算数值的室内机型号,若考虑了充分的修正后,其低于且最接近计算数值的室内机的参数仅低于计算数值的 3%以内,也可予以选择。

1.1.4 确定室外机容量

室内外机的配置率必须在厂商规定的范围内,通常是 50%~130%。

对于同时开启率较低的场所,如住宅,室外机按照室内机容量之和除以配置率进行选择。

对于同时开启率较高的场所,如售楼处、样板房、商业用房、办公场所等,室外机按照系统逐时计算负荷之和的最大值并考虑相应修正系数后进行选择,若因此而得的配置率大于表 4 的建议数值,则按表 4 的建议数值进行选择。

1.1.5 室内外机招标时容量校核

上述流程选定的室内外机型号是根据大多数品牌的产品整合的修正系数选择而成,可以用此型号给相关专业提供配合条件,如电量、室外机空间、

吊顶需求等。

对于不同品牌的产品,因产品自身型号参数及修正系数的差异,其中某些选型会略有偏差,为保证选型的准确性和经济性,建议采购时以计算负荷和仅考虑快速制冷及部分运行修正与安全系数修正后所得的数据作为依据,其余修正系数及修正后的选型由厂商根据自身产品特点提供,采购方予以审核。

1.2 空调室外机机房的设计

1.2.1 确定室外机风量

按照表 7,8 根据室外机容量确定室外机风量。

表 7 室外机设计条件(家用,侧向出风)

	型号			
	3 匹	4 匹	5 匹	6 匹
电压/频率/(V/Hz)	220/50			
电量预留/kW	3	4	5	6
室外机高度/mm	1 400	1 400	1 400	1 400
室外机宽度/mm	1 100	1 100	1 100	1 100
室外机厚度/mm	400	400	400	400
最多连接室内机数量	3	4	6	8
室内机容量范围/%	30~100			
室外机配比范围/%	80~120			
出风口形式	侧出			
室外机风量/(m ³ /min)	120			
机组质量/kg	140			
室外机高位时室内外机最大允许高差/m	10	30	30	30
室外机低位时室内外机最大允许高差/m	10	20	20	20
室外机间最大允许高差/m	5	5	5	5
最大等效配管长度/m	40	80	80	80
第一分歧管至最远室内机的距离/m	10	30	30	30
室外干球温度要求(制冷工况)/℃	-5~42			
室外湿球温度要求(制热工况)/℃	-15~15			

1.2.2 确定室外机机房尺寸

按照表 7~10,确定室外机机房最小尺寸并满足人员检修要求。室外机机房若有空调冷凝水立管、雨水立管等其他设施,机房尺寸需排除其相应影响。

1.2.3 确定室外机有效吸风、排风风速

排风与吸风在同一侧:有效排风风速采用 4~6 m/s;有效吸风风速小于 1.5 m/s。

排风与吸风不在同一侧:有效排风风速采用 3~5 m/s;有效吸风风速小于 2.5 m/s。

1.2.4 确定百叶形式及面积

表 8 室外机设计条件(商用,顶部出风)

	型号										
	8 匹	10 匹	12 匹	14 匹	16 匹	18 匹	20 匹	22 匹	24 匹	26 匹	28 匹
电压/频率/(V/Hz)	380/50										
电量预留/kW	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
室外机高度/mm	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
室外机宽度/mm	1 000	1 000	1 300	1 300	1 300	2 200	2 200	2 200	2 500	2 500	2 800
室外机厚度/mm	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850
最多连接室内机数量	13	16	16	16	16	20	20	20	27	27	27
室内机容量范围/%	30~100										
室外机配比范围/%	50~130										
出风口形式	顶出										
室外机风量/(m ³ /min)	200	200	280	280	280	380	380	450	450	450	550
机组质量/kg	300	300	450	450	450	600	600	700	700	700	850
室外机间最大允许高差/m	5										
室外机间最大等效配管长度/m	10										
室外干球温度要求(制冷工况)/°C	-5~42										
室外湿球温度要求(制热工况)/°C	-15~15										

	型号									
	30 匹	32 匹	34 匹	36 匹	38 匹	40 匹	42 匹	44 匹	46 匹	48 匹
电压/频率/(V/Hz)	380/50									
电量预留/kW	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
室外机高度/mm	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
室外机宽度/mm	2 800	2 800	3 700	3 700	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400
室外机厚度/mm	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850
最多连接室内机数量	32	32	32	32	32	48	48	48	48	48
室内机容量范围/%	30~100									
室外机配比范围/%	50~130									
出风口形式	顶出									
室外机风量/(m ³ /min)	550	550	620	620	700	700	700	800	800	800
机组质量/kg	850	850	1 000	1 000	1 150	1 150	1 150	1 300	1 300	1 300
室外机间最大允许高差/m	5									
室外机间最大等效配管长度/m	10									
室外干球温度要求(制冷工况)/°C	-5~42									
室外湿球温度要求(制热工况)/°C	-15~15									

注:室外机高位时室内外机最大允许高差 50 m,室外机低位时室内外机最大允许高差 40 m,室内机间最大允许高差 15 m,室内外机间最大等效配管长度 175 m,第一分歧管至最远室内机的距离 40 m。

表 9 室外机安装条件(家用,侧向出风)

	mm					
	后部有障碍	后部和上部有障碍	后部和两侧有障碍	后部和前部有障碍	后部、上部和两侧有障碍	后部、前部和两侧有障碍
后部距障碍	≥200	≥200	≥250	≥200	≥250	≥250
前部距障碍				≥1 000		≥1 000
两侧距障碍			≥100(非接管) ≥200(接管)		≥100(非接管) ≥200(接管)	≥100(非接管) ≥200(接管)
顶部距障碍		≥500			≥500	

注:定义出风面为前部。

表 10 室外机安装条件(商用,顶部出风)

	mm					
	后部有障碍	后部和上部有障碍	后部和两侧有障碍	后部和前部有障碍	后部、上部和两侧有障碍	后部、前部和两侧有障碍
后部距障碍	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
前部距障碍				≥500		≥500
两侧距障碍			≥150		≥150	≥150
顶部距障碍		≥1 500			需接导风帽	

注:定义检修面为前部。

百叶的通风率大于 75%,百叶的水平倾角小于 20°,如图 1 所示。

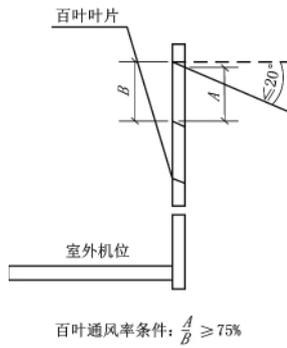


图1 百叶示意图

有效排风面积 = 风量 ÷ 有效排风速度; 有效吸风面积 = 风量 ÷ 有效吸风速度。

实际排风面积 = 有效排风面积 ÷ 百叶通风率; 实际吸风面积 = 有效吸风面积 ÷ 百叶通风率。

1.2.5 校核总风阻小于设备的机外余压

由于室外机摆放在机房内,风管管路较短,通常情况下忽略风管的沿程阻力,若某些情况无法忽略时则按照沿程阻力计算公式计算。

局部阻力包括进风百叶阻力 Δp_j 、排风百叶阻力 Δp_p 、风道局部部件的阻力 Δp_{fd} 等。

$$\Delta p_z = \Delta p_y + \Delta p_j + \Delta p_p + \Delta p_{fd} \quad (1)$$

式中 Δp_z 为总阻力; Δp_y 为沿程阻力。

校核机外余压 Δp_{yy} :

$$\Delta p_{yy} = 1.1 \Delta p_z \quad (2)$$

式中 1.1 为安全系数。

2 安装/预留条件

2.1 安装条件

2.1.1 室内机的安装条件(见表 11)

室内机形式	接管侧距墙	非接管侧距墙	背距墙	顶距天花板	底距吊顶
明装壁挂机	≥150			≥100	
卧式暗装(后回风)	≥250	≥50	≥200	≥20	≥20
卧式暗装(下回风)	≥250	≥50	≥20	≥20	≥100
卡式嵌入式	≥1 500	≥1 500		≥20	

注:1) 卧式暗装(下回风)底距吊顶的距离指下回风口与吊顶风口错位的情况下的距离,下回风口与吊顶风口对位的情况下,底距吊顶的距离与卧式暗装(后回风)相同。

2) 如果室内机背部有制冷剂管穿过,背距墙的距离需另行留出管线安装距离。

3) 上述距离未考虑检修口的需求。

2.1.2 室外机的安装条件(见表 9,10)

2.2 设计条件

2.2.1 室内机的设计条件(见表 12~16)

表 12 明装壁挂机的设计条件

	制冷量/kW					
	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	6.3
电压/频率/(V/Hz)	220/50					
电量预留/W	50	50	50	50	70	70
室内机高度/mm	300	300	300	320	320	320
室内机宽度/mm	900	900	900	1 250	1 250	1 250
室内机厚度/mm	210	210	210	250	250	250
质量/kg	15	15	15	15	20	20

表 13 明装柜机的设计条件

	制冷量/kW					
	4.5	5.6	7.1	8	11.2	14
电压/频率/(V/Hz)	220/50					
电量预留/W	250	250	250	250	350	350
室内机高度/mm	1 850	1 850	1 850	1 850	1 850	1 850
室内机宽度/mm	550	550	550	550	600	600
室内机厚度/mm	350	350	350	350	350	350
质量/kg	70	70	70	70	70	70

2.2.2 室外机的设计条件(见表 7,8)

3 结论

3.1 风冷多联式空调系统的设计与通常以水为载

表 14 卧式暗装型机的设计条件(超薄机型)

	制冷量/kW					
	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4
电压/频率/(V/Hz)	220/50					
电量预留/W	80	80	80	80	80	80
室内机高度/mm	210	210	210	210	210	210
室内机宽度/mm	900	900	900	900	900	900
室内机厚度/mm	650	650	650	650	650	650
风量/(m ³ /min)	700	700	700	700	700	700
质量/kg	30	30	30	30	30	30

	制冷量/kW				
	4.5	5	5.6	6.3	7.1
电压/频率/(V/Hz)	220/50				
电量预留/W	120	120	120	120	120
室内机高度/mm	210	210	210	210	210
室内机宽度/mm	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
室内机厚度/mm	650	650	650	650	650
风量/(m ³ /min)	1 000	1 000	1 000	1 200	1 200
质量/kg	40	40	40	40	40

表 15 卧式暗装型机的设计条件(标准机型)

	制冷量/kW				
	8	9	11.2	14	16
电压/频率/(V/Hz)	220/50				
电量预留/W	150	150	200	200	200
室内机高度/mm	350	350	350	350	350
室内机宽度/mm	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
室内机厚度/mm	800	800	800	800	800
风量/(m ³ /min)	1 800	1 800	2 300	2 300	2 300
质量/kg	60	60	80	80	80

(下转第 38 页)

制湿度的作用。在冷却除湿新风系统中,如果将新风的含湿量处理到设计状态点,处理后的新风温度通常只有 10℃左右。常规供冷系统中的 7℃/12℃冷水难以达到此要求。所以此系统对冷源的降温能力有更高要求。而如果降低供水温度的话,又会导致制冷机组的 COP 值降低,达不到节能要求。在常规 7℃/12℃冷源下,采用“冷盘管+蒸发器”双盘管新风机组能起到较好的作用。先通过第一级冷水盘管预处理新风,再由蒸发器将新风处理到所需的露点温度,见图 4。这种组合形式的机组可灵活应用到 7℃/12℃供回水的常规空调水系统中。冷源、输配系统和末端设备均与常规系统无区别,选型方法与常规空调系统一致。

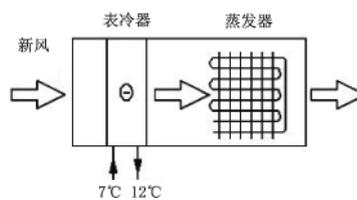


图 4 双盘管新风机组

3 设计举例

3.1 建筑概况

以上海地区一间 I 级手术室(内区)为例,面积

50 m²,层高 3 m。夏季空调室内设计参数:干球温度 24℃,相对湿度 50%。

3.2 负荷计算

利用文献[4]负荷计算公式,计算出手术室的冷负荷 6 400 W,湿负荷 2 360 g/h,新风量 1 000 m³/h。

3.3 设计结果

采用新风集中处理一次回风系统、新风集中处理二次回风系统及湿度优先控制空调系统的设计方法分别对此实例进行设计计算,计算结果见表 1。

从表 1 可以看出,新风集中处理一次回风系统

表 1 手术室设计实例不同设计方案计算结果

方 案	总送风量/ (m ³ /h)	新风量/ (m ³ /h)	夏季新风机组制 冷量/kW	夏季室内循环机组制 冷量/kW	夏季再热量/ kW	总用电量/ kW
新风集中处理一次回风系统	10 100	1 000	12.7	43.3	34.9	20.9
新风集中处理二次回风系统	10 100	1 000	12.7	12.2	0	5.0
湿度优先控制空调系统	10 100	1 000	20.6	4.9	0	7.2

注:总用电量仅考虑冷热源,不含输配系统、末端和控制用电量

最耗能;二次回风系统虽然最节能,但控制调节最难实现,以至于目前大量手术室仍然采用比较耗能的一次回风系统。湿度优先控制空调系统可以解决能耗与控制之间的矛盾,以更低的能耗实现对手术部温湿度的精确控制。

4 结论

本文提出冷却除湿湿度优先控制空调系统的设计方法,通过控制新风的含湿量来实现对手术室湿度的控制。此设计方法已在实际工程项目中应用,仅通过调节新风机组的出风参数即可控制手术室内的含湿量,室内循环机组仅进行温度调节。采

用该方法不仅易于控制手术室的湿度,而且与传统的一次回风系统相比节能 60%以上,节能效果明显,可应用于洁净手术部的空调系统中。

参考文献:

- [1] 沈晋明,聂一新. 洁净手术室控制新技术——湿度优先控制[J]. 洁净与空调技术, 2007(3):17-20
- [2] 朱青青,沈晋明,陆文. 用于湿度优先控制的新型新风机组[J]. 制冷技术, 2008(3):36-40
- [3] 中国卫生经济学会医疗卫生建筑专业委员会. GB 50333—2002 医院洁净手术部建筑技术规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2002
- [4] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国建筑工业出版社, 2008

(上接第 43 页)

表 16 卡式嵌入型(四面出风)的设计条件

	制冷量/kW										
	2.8	4.3	5	5.6	6.3	7.1	8	9	11.2	14	16
电压/频率/(V/Hz)	220/50										
电量预留/W	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200
室内机高度/mm	260	260	260	260	260	260	320	320	320	320	320
室内机宽度/mm	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
室内机厚度/mm	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
质量/kg	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60

冷剂的空调系统不同,前者需要在实际空调冷热负荷基础上给予多项修正系数,才可以保障设计选型的准确性。本文对各项修正系数进行阐述,并给出

建议值,供设计者参考。

3.2 对风冷多联式空调系统的室内/外机的设计与安装条件进行了归纳,方便设计者查询。