

寒冷地区低温库空调系统的设计要点

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]近年来,在医药行业中,低温库(2~8℃)室内环境的温度,要求全年维持在2~8℃。此类房间可采用集中控制全空气空调系统,和独立控制的直膨式空调系统。文中系统地探讨了寒冷地区两种空调系统的设计要点和不同季节的运行分析。

[关键词]寒冷地区;低温库;空调系统

DOI: 10.33142/aem.v6i5.11970

中图分类号: TU831.3

文献标识码: A

Design Key Points of Low Temperature Storage Air Conditioning System in Cold Regions

LI Leilei

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

Abstract: In recent years, in the pharmaceutical industry, the indoor temperature of low-temperature storage (2~8 °C) is required to be maintained at 2~8 °C throughout the year. This type of room can use centralized control full air conditioning systems and independently controlled direct expansion air conditioning systems. This article systematically discusses the design points of two air conditioning systems in cold regions and analyzes their operation in different seasons.

Keywords: cold regions; low temperature storage; air conditioning system

引言

近年来制药行业中,越来越多地用到低温库(2~8℃),用于试剂、原料、中间品、成品的储藏;生物制药洁净生产车间,储存原细胞,培养液,原液等需用到低温冰箱,而低温冰箱工作时将热量都散发到了室内。该类仓库(房间)面积较小,在建筑中的布置较为分散,可采用集中控制全空气空调系统,也可以采用独立控制的直膨式空调系统。

本文以长春地区某新建研发楼为例,对两种空调系统的设计要点进行分析。该研发楼内设研发区,小试车间,中试车间等,研发区设置了多个低温库(2~8℃),本文将对低温库的空调系统设计进行分析。

1 集中控制全空气空调系统

上文提到的低温库(2~8℃)和设置在洁净内的低温冰箱间,其区别在于洁净室对温湿度及波动范围,有较高的要求,而低温库没有此类要求。故而,洁净区内的空调系统多采用高品质能源。在此,我们仅对服务于低温库(2~8℃)的集中控制全空气空调系统进行分析探讨。

采用组合式空调机组,由新风段, G4 初效过滤段,回风段,蒸汽加热融霜段,乙二醇热交换段, 0/5℃冷水表冷段,蒸汽加热(融霜段)风机段, F9 袋式中效过滤段,送风段,通过风管经送风口送至地温库室内。为保证室内温度分布均匀,采用上送风,侧下回风的气流组织形式。

对低温库内保持微正压,通过门缝渗透风量维持空调系统的新风量,也保证了低温库的换气次数≥1次/天。

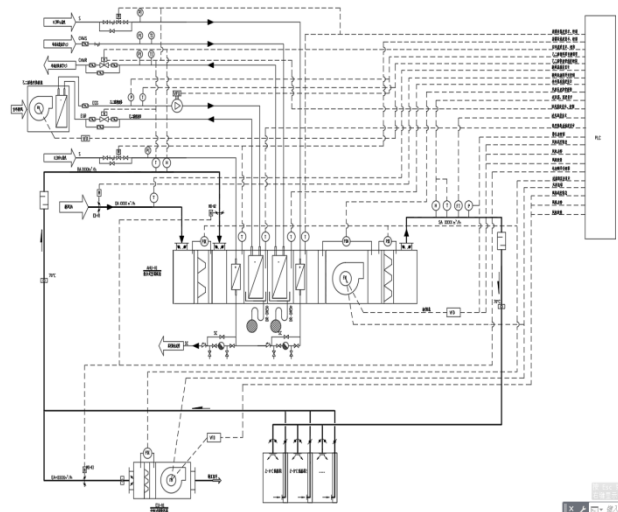


图1 集中控制全空气空调系统原理图

我们按夏季,冬季,过渡季节,逐一进行空调系统控制分析。

夏季:新风和回风混合后经过后表冷段(0~5℃冷水)降温至6℃,送至室内。需要设置低温冷水机组为空调系统提供0~5℃冷水。通过设置在回风管上的温度传感器,调节冷水管道上的电动调节阀,维持送风室内温度恒定。后蒸汽加热段做为融霜段,定时去除表冷段的结霜。通过饱和蒸汽提升后表冷段附近的温度,将附着在后表冷段上的结霜融化,保证表冷段的冷却效果。排风机组和其关联的电动阀关闭,回风电动阀开启。

冬季：长春地区平均每年有 5 个月处于冰冻期。设计乙二醇热交换系统，利用室外低温间接给空调系统的降温。乙二醇机组设置在室外，室外风机变频控制。乙二醇循环水泵变频控制。通过设置在乙二醇表冷段后的温度传感器，控制乙二醇风机和乙二醇循环水泵变频运行，其控制优先级，风机优先于水泵，送风温度维持在 6℃。该运行状态，很好地利用了当地气候条件。前加热段为其融霜段，定时去除乙二醇表冷段的结霜。排风机组和其关联的电动阀关闭，回风电动阀开启。

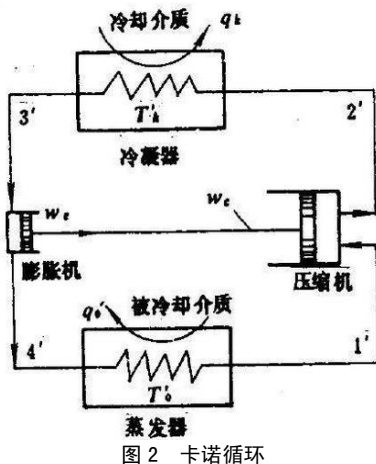
过渡季节：长春的春季和秋季室外工况满足低温库的温度要求时，可以采用全新风系统。开启排风机组及关联的电动阀，关闭回风电动阀。该模式最大程度利用了新风，节省运行费用。

该空调系统不同于普通舒适性集中空调系统和净化空调的系统的地方，是表冷段低温运行时，会结霜，需要设置融霜段。当厂区或建筑内，有蒸汽和低温冷水机组时，可作为此方案的热源，冷源。

2 直膨式空调系统

2.1 室外机运行环境

采用专用直膨式空调机组，室内机设置在库房内，循环冷风达到室内设定温度，有自动融霜功能；室外机设置在屋顶，冷媒管长满足要求。实验室设置多联机，室内机设置在散热量大的设备附近，室外机设置在屋顶。生产车间内工艺设备散热量大的房间设置单独的直膨式空调系统。以上空调系统全年向室内提供冷量。如图 2：



夏季，需要考虑室外机（冷凝器）能有效地进行散热，保证空调系统能正常运行，国内绝大部分地区都可正常运行。室内机（蒸发器）工作，向室内提供冷量。冬季，需要考虑长春地区冬季寒冷，需要满足室外机（冷凝器）正常运行的温度要求（ $50^{\circ}\text{C} \geq T \geq -5^{\circ}\text{C}$ ）。本文着重对此进行分析。

2.2 运行分析

(1) 长春地区通风室外计算温度，夏季：26.6℃，

冬季：-15.1℃，每年极端天气，低温在-25℃至-30℃，持续时间 10-20 天。室外机室外运行温度范围：-5℃至 50℃。在冬季室外环境下，直膨式空调室外机不能运行。为保证室外机在冬季能正常运行，在屋顶设置室外机房，室外机设置在机房内，机房内维持室外机要求的温度范围。见图 2。

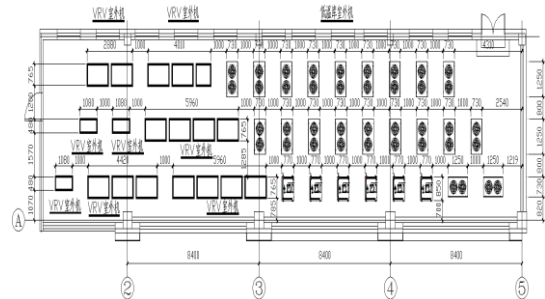


图 2 直膨式空调室外布置图

室外机的布置应考虑各机组间的距离要求，和墙、屋顶的距离要求。

(2) 冬季，除考虑维持室外机运行需要的最低温度 -5℃外，也要考虑室外机的散热。

室外机房维护结构的热负荷计算见表 1：

室外机房维护结构的热负荷为 13.6kW。

室外机的散热量 $Q = \sum Q_{\text{室外机}} \times 0.85$

Q ：室外机的总体散热量

$Q_{\text{室外机}}$ ：单台室外机的散热量（低温库的室外机为一用一备）

0.85：同时开启系数

核算后， $Q = 1418\text{kW}$ 。

计算分析：

直膨式空调室外机房设置供暖系统，维持室内温度 5℃，保证了室外机运行需要的温度范围，同时避免了严寒地区将室外机盘管冻裂的风险。见图 3、图 4。

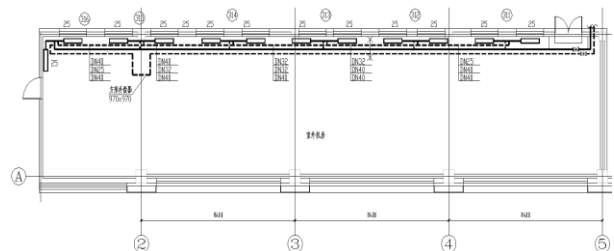


图 3 室外机房供暖平面图

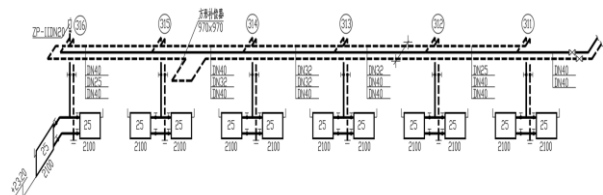


图 4 室外机房间供暖系统图

表 1 室外机房维护结构热负荷计算表

房间	负荷源			传热系数	温差修正系数	耗热量修正			修正后热负荷	冷风渗透耗热量	总热负荷	
						朝向	风力	间歇附加				
	名称	面积计算		K	α	Xch	Xf	Xjan	Q1	Q2	Q1+Q2	
	长 m	高(宽) m	面积 m^2	W/ $m^2 \cdot ^\circ C$					W	W	W	
室外机房	南外墙	30.5	4.2	74.1	0.35	1.00	-0.20	0.00	0.00	334.0		685.6
	南外墙-嵌	27.0	2.0	54.0	1.80	1.00	-0.20	0.00	0.00	1251.9		2569.5
	西外墙	6.4	4.2	24.8	0.35	1.00	-0.05	0.00	0.00	132.7		269.7
	西外墙-嵌	1.1	2.0	2.1	2.50	1.00	-0.05	0.00	0.00	80.3		155.1
	北外墙	30.5	4.2	103.4	0.35	1.00	0.00	0.00	0.00	582.4		1181.2
	北外墙-嵌	16.5	1.5	24.8	1.80	1.00	0.00	0.00	0.00	717.3		1454.8
	东外墙	6.4	4.2	26.9	0.35	1.00	-0.05	0.00	0.00	143.9		292.6
	屋面	30.5	6.4	195.2	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	942.8		1847.3
	天窗	50.0	1.0	50.0	1.80	1.00	0.00	0.00	0.00	1449.0		2939.0
房间小计	室内温度 $^\circ C$		0	室外温度 $^\circ C$		-21.1	房高修正	0	5634.3	7998.9	13633.1	

室外机运行数量多，其散热量能满足室内温度要求，可通过设置在供暖分支上的调节阀，调节供暖系统的流量。当随着室外机的散热量增加，室内温度升高时，室外机的运行效率下降，可适当开启房间外窗，维持室内温度在合理区间，保证直膨式空调机组的运行效率。

直膨式空调室外机的运行温度范围($50^\circ C \geq T \geq -5^\circ C$)较宽，综合考虑投资，实际运行需要，不要对室外机房的温度设置自控系统。但是为了保证严寒地区的供暖系统不被冻裂，并维持空调机组的运行效率，需要工作人员在冬季，尤其是极端天气条件下，经常巡检，以保证上述各项要求。

(3) 夏季，因直膨式空调室外机设置在了室内，要保证机组的运行效率，需要保证室外机房内有良好的通风效果。如果设置机械通风，增加了投资成本和运行成本，所以尽量让室外机房内形成水平自然气流或垂直热气流，如图 5，图 6。图 5 是水平自然对流，在室外机房四面墙上均开设外窗，然后在实际项目中，为了保证建筑的整体美观性，并不容易实现。图 6 是在室外机房两面外墙设置的外窗，和顶部天窗，形成垂直热气流。

天窗需要的有效开启面积计算如下：

Q: 室外机的总体散热量

通风风量 F 计算如下：

$$F = Q \times 3600 / (1.2 \times \Delta t \times 1.01)$$

Q: 室外机的总体散热量

空气密度: $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$

Δt 进风和排风的温度差

进风温度: 夏季通风室外计算温度 $26.6^\circ C$

排风温度: 室外机运行环境温度要求上限 $50^\circ C$

$$\Delta t = 50 - 26.6 = 23.4^\circ C$$

干空气的平均定压比热: $1.01 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot K)$

代入上述公式计算得：

$$F = 1418 \times 3600 / (1.2 \times 23.4 \times 1.01) = 180000 \text{ m}^3/\text{h}$$

室外机房通风系统为热气流自然通风，风速取 $1 \text{ m}/\text{s}$ 。

天窗有效开启面积 S:

$$S = 180000 / 3600 = 50 \text{ m}^2$$

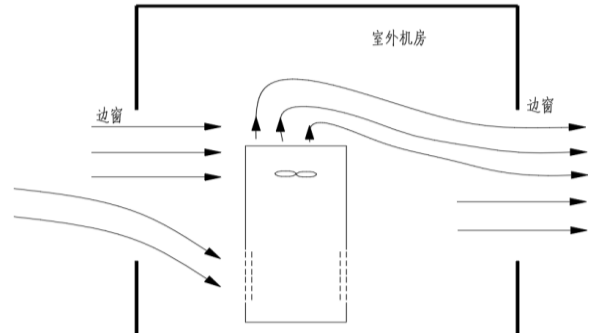


图 5 室外机房水平自然对流示意图

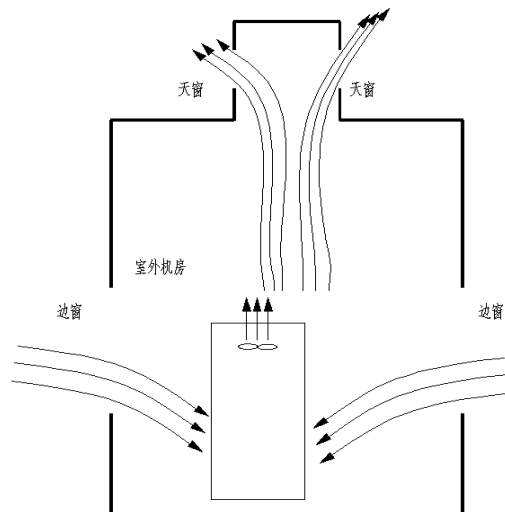


图 6 室外机房垂直气流示意图

夏季,室外机房的外窗均打开时,能有效的保证室内的空气流通,但是也无法避免雨水和蚊虫进入室内。所以在室外机房内设置地漏,通过污水管道,将进入室内的雨水排走。外窗上均设置窗纱(金属材质),并定期进行清洗。

3 结论

(1) 两种设计方案都能满足室内环境温度的要求。

(2) 集中式空调系统,冬季和过渡季节依托当地的气候,实现室内的温度控制要求,节省运行成本。夏季需要设置独立 0~5℃冷水机组,该方案投资和自控程度高。当厂区或建筑内有蒸汽和低温冷水系统时,可做为热源、冷源,降低该方案的投资成本。

(3) 直膨式空调系统,控制灵活,可分别独立设置机组。该方案空调系统用的都是电能,运行能耗大。投资成本和自控程度较低,需工作人员定期巡检。低温区域较少时,采用此方案较为合适。

[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]中国有色金属工业协会.工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[G].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2016.
 - [3]罗斯加,阎泓名,侯鸿章.超低温空调水系统设计要点浅析[J].建筑节能,2021,49(6):83-86.
 - [4]高旭明.商业建筑冰蓄冷空调系统设计要点探讨[J].中国科技期刊数据库工业 A,2022,22(2):3-4.
 - [5]赵辉.冰蓄冷空调系统设计要点浅析[J].福建建设科技,2017,11(3):3-4.
- 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。