

# 变频柜室通风空调设计方案选择

裴泽 任兆成 程文

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 变频柜在运行过程中会散发大量热量,若不及时消除会影响机柜的正常运行。本文以3个配置相似的铅冶炼厂的变频柜室为例,根据室外环境温度的差异,介绍不同室外环境条件下的通风空调设计方案。这三个冶炼厂分别处于严寒C区、寒冷B区以及夏热冬暖地区,通过总结不同室外环境地区宜采用的通风空调措施,为变频柜室的通风空调设计更加合理和节能提供参考。

**[关键词]** 变频柜室; 散热量; 通风空调; 蒸发冷却; 室外环境

**[中图分类号]** TU83 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)04-0051-04

**DOI:**10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.04.011

## 0 前言

变频柜室是铅冶炼厂常见且重要的配套用房,常设有高低压变频柜。变频柜在运行过程中会散发大量热量,若不及时消除会影响机柜的正常运行,从而对冶炼厂的正常生产造成影响。因此,保证变频柜室的环境条件极其重要。

变频柜室内环境温度夏季不宜高于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,冬季不应低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于相对湿度,则没有特别严格的要求,一般 $5\% \sim 85\% \text{ RH}^{[1]}$ 、无凝露,即可满足使用要求。在消除变频柜散热的方案中,从节能角度出发,要充分利用自然通风,当自然通风无法满足要求时,应设置机械通风。在通风条件受限时,可设空调机组对变频柜室冷却降温。

本文以3个配置相似、处于不同地区的铅冶炼厂的变频柜室为例,介绍不同室外环境条件下的通风空调设计方案。

## 1 分析对象

本文选取了3个不同地区的铅冶炼厂变频柜室,设计要求变频柜室温度不超过 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度无特殊要求。房间内的变频柜布置、设备发热量、房

间面积、朝向等相关条件基本类似。为了凸显不同室外环境条件的影响,把3个相似的变频柜室简化为1个研究对象。

该变频柜室是一幢长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $18\text{ m} \times 9\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的建筑。室内布置有4台变频柜,机房布置如图1所示。

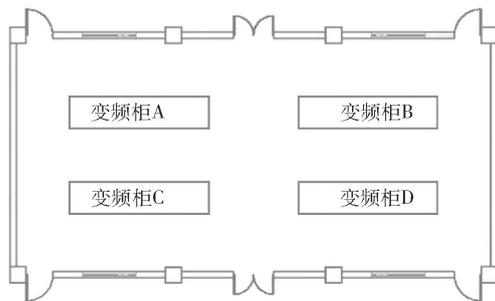


图1 变频柜室平面布置图

变频柜发热量可由生产厂家提供,在没有相关发热量资料时,可按照变频柜容量的 $2\% \sim 4\%$ 估算<sup>[2]</sup>。本文取机柜容量的 $3\%$ 作为设备发热量。具体变频柜容量及发热量见表1。

表1 变频柜容量及发热量

变频柜	机柜容量/kW	发热量/kW
变频柜 A	315	9.45
变频柜 B	450	13.5
变频柜 C	450	13.5
变频柜 D	450	13.5
总计	1 665	约 50

变频柜配套有冷却风机,采用强制风冷的冷却

**[收稿日期]** 2022-01-20

**[作者简介]** 裴泽(1986—),男,硕士,工程师,主要从事工业建筑供暖通风与空气调节设计工作。

**[引用格式]** 裴泽,任兆成,程文.变频柜室通风空调设计方案选择[J].有色冶金节能,2022,38(4):51-54.

方式,一般为柜体下部进风,上部出风。出风口可连接风管,将变频柜排风直接引至室外。

## 2 案例分析

### 2.1 乌兰察布地区的某铅冶炼厂

乌兰察布位于内蒙古自治区中部,属严寒 C 区,年平均温度 4.3 ℃。夏季相关气象参数<sup>[3]</sup>见表 2。

表 2 乌兰察布夏季室外空气计算参数

参数	数值
夏季空气调节室外计算干球温度/℃	28.2
夏季空气调节室外计算湿球温度/℃	18.9
夏季通风室外计算温度/℃	23.8
夏季通风室外计算相对湿度/%	49.0
夏季室外大气压力/hPa	853.7

由于夏季通风室外计算温度较低,采用全面通风方式来消除室内多余的热量。消除余热的通风量按式(1)<sup>[4]</sup>计算。

$$L = \frac{Q}{C_p \times \rho \times (t_p - t_j)} \times 3\ 600 \quad (1)$$

式中, $L$  为通风量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $Q$  为变频柜散热量,  $\text{kW}$ ;  $\rho$  为排风密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $t_p$  为排出空气温度,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_j$  为进入空气温度,  $^\circ\text{C}$ ;  $C_p$  为空气的定压比热容,  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。

在室内温度不高于 35 ℃时,通过计算得到通风量  $L = 16\ 472\ \text{m}^3/\text{h}$ 。

因此,在房间设机械送、排风系统,设置 3 台排风量为 5 500  $\text{m}^3/\text{h}$  的边墙式排风机,以及 2 台送风量为 5 500  $\text{m}^3/\text{h}$  的边墙式送风机,在夏季就可消除室内余热。在过度季,室外温度降低,送、排风温差加大,通过调节风机开启数量,降低室内送、排风量来达到室内环境要求。在冬季,室外温度较低,可关闭风机,利用变频柜散热,保证室温不低于最低温度要求。

### 2.2 吐鲁番地区的某铅冶炼厂

吐鲁番位于新疆维吾尔自治区中部,属于寒冷 B 区,年平均温度为 14.4 ℃。夏季相关气象参数<sup>[3]</sup>见表 3。

该地区夏季通风室外计算温度高于室内设计温度,且夏季干球温度高,湿球温度低,因而可采用蒸发式冷气机对新风进行降温,把处理后得到的低温空气送至室内,用以消除室内余热。

表 3 吐鲁番夏季室外空气计算参数

参数	数值
夏季空气调节室外计算干球温度/℃	40.3
夏季空气调节室外计算湿球温度/℃	24.2
夏季通风室外计算温度/℃	36.2
夏季通风室外计算相对湿度/%	26.0
夏季室外大气压力/hPa	1 027.9

蒸发式冷气机的蒸发效率要求不低于 65%<sup>[5]</sup>。目前市场上常用的直接蒸发式冷气机可根据气液比来控制出风的湿度状态,最大可将空气湿度处理到 80% RH 左右。空气处理过程如图 2 所示,空气状态参数见表 4。

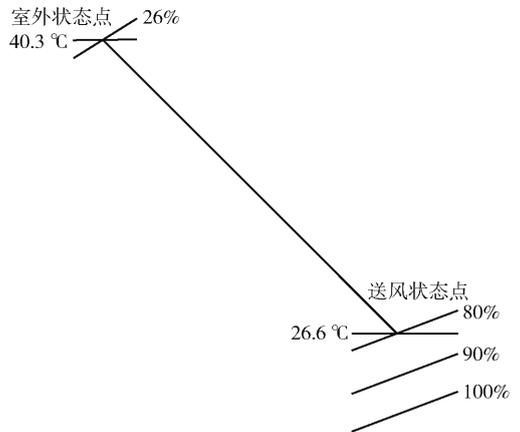


图 2 新风等焓降温处理到 80% RH

表 4 空气状态参数

状态点	温度/ ℃	相对 湿度/%	含湿量/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	焓值/ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
室外状态点	40.3	26	12.556	73.036
送风状态点	26.6	80	18.102	73.036

当室温不超过 35 ℃时,由式(1)可计算出蒸发式冷气机送风量  $L = 17\ 680\ \text{m}^3/\text{h}$ 。

因此在夏季,选配 1 台风量 20 000  $\text{m}^3/\text{h}$ 、显热制冷量 85  $\text{kW}$ 、耗水量 120  $\text{kg}/\text{h}$  的蒸发式冷气机就可消除室内余热。在过度季,随着室外温度降低,可关闭供水管,通过调节送风量来满足室内环境要求。在冬季,室外温度较低时,关闭送风机组,利用变频柜散热,保证室温不低于 5 ℃。

### 2.3 河池地区的某铅冶炼厂

河池位于广西壮族自治区西北部,属于夏热冬暖地区,年平均温度为 20.5 ℃。夏季相关气象参数<sup>[3]</sup>见表 5。

表5 河池地区夏季室外空气计算参数

参数	数值
夏季空气调节室外计算干球温度/℃	34.6
夏季空气调节室外计算湿球温度/℃	27.1
夏季通风室外计算温度/℃	31.7
夏季通风室外计算相对湿度/%	66.0
夏季室外大气压力/hPa	980.1

设计要求室内温度不超过 35℃,当地夏季通风室外计算温度 31.7℃,若采用全面通风方式消除余热,由式(1)可计算出所需通风量  $L = 49\,095\text{ m}^3/\text{h}$ 。

因此在夏季,房间需设置 4 台排风量为 12 500  $\text{m}^3/\text{h}$  的边墙式排风机,以及 3 台送风量为 11 500  $\text{m}^3/\text{h}$  的边墙式送风机,才能消除室内余热。此时,风机的耗电量以及噪音都较大。由于通风量大,室内的风噪明显,且吹风感大大提高。

由于当地夏季通风室外计算温度较高,采用全面通风消除余热可利用的温差小,为减少通风量,可针对变频柜采用局部通风方式。在变频柜排风口处接风管,把热量直接排至室外,同时对室内进行自然补风。

变频柜在 40℃ 以上可降频使用,最高运行温度不超过 50℃。夏季时,取变频柜进出口空气温差  $\Delta t = 10\text{ }^\circ\text{C}$ 。由式(1)可得机柜排风量  $L = 16\,055\text{ m}^3/\text{h}$ 。通过风管将变频柜散热排至室外后,采用自然进风方式,当进风口风速取 1  $\text{m}/\text{s}$  时,设置 2 个面积为 4.5  $\text{m}^2$  的百叶进风口,即可满足设计要求。

在其他季节,将散热排至室外,通过自然进风,即可满足变频柜对室温的要求。

### 3 运行表现及注意事项

#### 3.1 乌兰察布地区的某铅冶炼厂

夏季,变频柜室的送、排风机全部开启,可使室内温度不超过 35℃;冬季,关闭风机,利用变频柜散热,可维持室温不低于 5℃;过度季,室外温度降低,送、排风温差变大,调节开启的送、排风机数量,降低送、排风量,可满足设计要求。由于风机功率较低,所以通风系统全年能耗很低。

#### 3.2 吐鲁番地区的某铅冶炼厂

吐鲁番地区的夏季和冬季时间较长,过度季较短。夏季,冷气机全负荷运行,可以保证变频柜室温度不超过 35℃;冬季,室外温度较低,关闭冷气机,

利用变频柜散热,可维持室温不低于 5℃。过度季,关闭冷气机供水管,通过调节冷气机送风量,将室外空气直接送至室内,可满足设计要求。

夏季,由于采用了蒸发冷却技术,冷气机运行时需消耗一定量的水。冬季,为防止水管结冻,需对供水管增加保温设施。此外,当地风沙较大,需对蒸发式冷气机定期维护。

#### 3.3 河池地区的某铅冶炼厂

由于河池地处于夏热冬暖地区,冬季不会出现低温现象。将变频柜散热直接排至室外后,通过自然进风,可保证室内温度全年满足设计要求。

由于变频柜采用局部通风方式,增加了排热风管,当风管阻力较大,变频柜配套风机风压不够时,热量会堆积在风管中。若出现该情况,则需增加接力风机,确保热量能排至室外。

### 4 结论

通过以上分析,变频柜室的通风空调设计方案与室外环境紧密相关。采取通风方式消除室内余热时,主要是控制通风总量。根据通风量的不同,可选取全面通风方式或局部通风方式。

1) 当夏季通风室外计算温度与室内设计温度相差较大时,例如严寒地区等,可采取全面通风方式来满足设计要求。

2) 当夏季通风室外计算温度与室内设计温度温差较小时,例如我国南方地区,可针对变频柜采用局部通风方式,将散热直接排至室外来满足设备对室内环境的要求。

3) 当夏季通风室外计算温度高于室内设计温度时,可采取降温送风的方式,适当加大送排风温差,减少送风量,消除室内余热。

4) 采取局部通风方式虽然能把变频柜散热直接排至室外,也增加了管道阀门等设备的安装以及后期的维护管理工作。在冬季需供暖的地区,若采取局部通风方式,管道需增加排风口,利用散热满足最低室温要求。此外,排热管道系统越复杂,系统阻力越大。热量越容易积累到管道中,增设接力风机的可能性也就越大。

5) 采取降温送风方式时,要充分利用环境条件,如我国西北地区,在水资源较为丰富或者用水成本低于用电成本时,可采用蒸发冷却降温送风的方式来满足设备对环境的要求。

6) 在电力成本较低的地区,可采取分体空调方

式冷却室内循环空气。

在具体设计中,要综合考虑室内环境要求、室外环境变化、各种能源消耗量,以及系统后期运维情况,使设计方案更加合理和节能。

#### [参考文献]

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司. 发电厂供暖通风与空气调节设计规范: DL/T 5023—2016 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国

国家质量监督检验检疫总局. 大中型火力发电厂设计规范: GB 50660—2011 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范: GB 50019—2015 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [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.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 蒸发式冷气机: GB/T 25860—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

## Selection of Ventilation and Air Conditioning Design Options for Frequency Conversion Cabinet Room

PEI Ze, REN Zhao-cheng, CHENG Wen

**Abstract:** The frequency conversion cabinet emits a large amount of heat during operation, which needs to be dissipated in time to avoid affecting the normal operation of the cabinet. Taking frequency conversion cabinet rooms in three lead smelters with similar configurations as examples, this article introduced different ventilation and air conditioning design schemes that suit different outdoor ambient temperatures. These three smelters are located in severe cold zone C, cold zone B and hot summer and warm winter zone respectively. By summarizing the ventilation and air conditioning measures that suit different outdoor environments, the article provided a reference for the ventilation and air conditioning design of frequency conversion cabinet rooms to be more reasonable and energy-efficient.

**Key words:** frequency conversion cabinet room; heat dissipation; ventilation and air conditioning; evaporative cooling; outdoor environment