

文章编号:1003-0344(2017)07-043-3

某车间溶液除湿空调系统的优化

苑文会¹ 崔萍¹ 方亮² 王伟²

¹ 山东建筑大学热能工程学院

² 济南有方新能源科技有限公司

摘 要:针对厂房溶液除湿空调系统中的回风处理系统——部分回风进除湿器,部分回风进表冷器的方案容易造成再生器过热,进而导致系统的除湿效率降低,除湿效果不明显,能耗增加等问题。本文提出先直接将回风全部进除湿器,然后再通过表冷器进行降温的优化方案,并通过实际测量,计算对比了两种系统的初投资及能耗,发现优化方案更加节能。

关键词:溶液除湿 回风 能耗 初投资

Optimization of Liquid Desiccant Air Conditioning System in a Workshop

YUAN Wen-hui¹, CUI Ping¹, FANG Liang², WANG Wei²

¹ School of Thermal Energy Engineering, Shandong Jianzhu University

² Ji'nan Well Amperex Technology Company

Abstract: In view of the air treatment system - part of return air dehumidifier into liquid desiccant air conditioning system building, part of the return air cooler in the scheme is easy to cause the regenerator overheating, which led to reduced efficiency of dehumidification system, low dehumidifying effect and increasing energy consumption. This paper presents a optimized scheme which the return air all send to cooling dehumidifier firstly and pass through the cooler later. Based on the actual measurement, the calculation of initial investment and energy consumption of two systems was carried, which proves the optimization scheme getting more energy saving.

Keywords: liquid desiccant, return air, energy consumption, initial investment

随着工业工艺对空气品质更高的要求,采用的空调系统除了需要控制空气的温度外,还对空气的湿度有严格的要求,所以很多工厂采用溶液除湿空调系统进行除湿。溶液除湿空调系统利用溶液吸收空气中的水分,达到降低空气湿度的目的。这种空调系统利用溶液吸收空气中水分除湿后,需在溶液再生器进行浓缩再生以恢复吸湿能力^[1-3]。再生系统一般利用低品位的热源来实现溶液的再生,本文工程选择太阳能作为驱动热源。溶液除湿空调系统具有除湿效率高,温湿度独立控制,低品位热源再生和过滤空气除菌等优点。它已经广泛应用在生产车间温湿度控制、产品存储和建筑空气湿度调节等领域^[4-6]。

1 工程概况

本工程位于济南市商河县经济开发区。厂房内共有三个车间,车间一的建筑面积为 500 m²,车间二的建筑面积为 1200 m²,车间三的建筑面积为 1700 m²。本项目的制冷系统采取地源热泵中央空调全空气通风系统,能独立控制其温湿度。车间内的吊顶高度统一为 10.15 m,空调系统采用上供下回式的供风形式。三台风柜统一设置于地源热泵机房内。车间一和车间二要求恒温恒湿,温度控制在 20±1 ℃(23±1 ℃可调),湿度为 45%~50%(湿度由除湿机独立控制)。车间三要求恒温,冬季温度为 16~20 ℃。夏季温度为 26~27 ℃,湿度

收稿日期:2016-10-5

作者简介:苑文会(1990~),女,硕士研究生;山东建筑大学热能工程学院(250101);E-mail: 1183719085@qq.com

不作控制要求。系统流程图如图 1 所示。

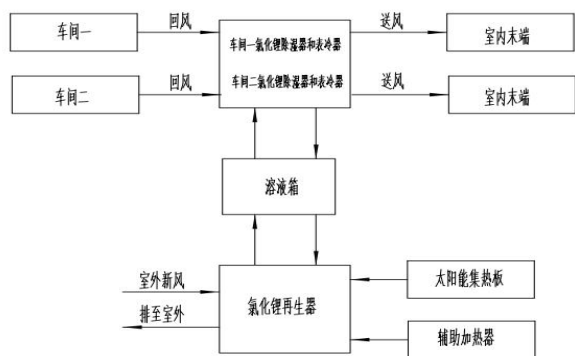


图 1 系统流程图

2 除湿方案介绍

1) 方案 A

车间一和车间二采用浓度均为 33% 的氯化锂溶液进行除湿和再生。其回风一部分进入除湿器,另一部分进入表冷器,两者混合之后送入车间。利用溶液除去空气中的水分,然后通过加热使溶液再生。车间一和车间二的除湿量不大于 40 kg/h、60 kg/h。方案 A 流程图如图 2 所示。

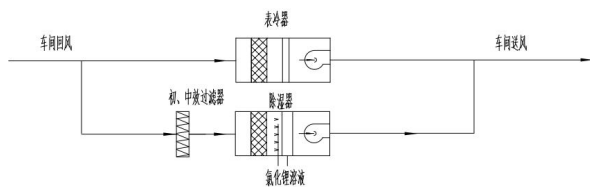


图 2 方案 A 空气被溶液除湿流程图

车间一: $Q=60 \text{ kW}$, $Q_s=40 \text{ kg/h}$, $Q_x=27.5 \text{ kW}$ 。另通过实地测量获得 $M_a=14000 \text{ m}^3/\text{h}$, 其中 $M_{a1}=6000 \text{ m}^3/\text{h}$, $M_{a2}=8000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

车间二: $Q=96 \text{ kW}$, $Q_s=60 \text{ kg/h}$, $Q_x=60 \text{ kW}$ 。 $M_a=25000 \text{ m}^3/\text{h}$, 其中 $M_{a1}=12000 \text{ m}^3/\text{h}$, $M_{a2}=13000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

在已知回风状态点 A 的条件下,由式(1)和式(2)算得送风状态点 D,由式(3)算得通过表冷器后的状态点 C,由式(4)和式(5)算得通过除湿器后的状态点 B。空气处理过程如图 3 所示。各状态点的参数详见表 1。

$$Q = M_a \rho (h_a - h_d) / 3600 \quad (1)$$

$$Q_s = M_a \rho (d_a - d_d) / 1000 \quad (2)$$

$$Q_x = M_{a2} \rho C_p (t_a - t_c) / 3600 \quad (3)$$

$$M_{a1} d_b + M_{a2} d_c = M_d d_d \quad (4)$$

$$M_{a1} h_b + M_{a2} h_c = M_d h_d \quad (5)$$

式中: Q 为冷负荷, kW; Q_s 为湿负荷, kg/h; Q_x 为显热负

荷, kW/h; M_a 为车间一回风量, m^3/h ; M_{a1} 为通过除湿器进行除湿的回风量, m^3/h ; M_{a2} 为通过表冷器进行降温的回风量, m^3/h ; ρ 为空气密度, g/m^3 ; C_p 为回风的比热, $\text{kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C})$; h_a 为回风的焓值, kJ/kg ; h_b 为回风经除湿器后的焓值, kJ/kg ; h_c 为回风经过表冷器后的焓值, kJ/kg ; h_d 为送风的焓值, kJ/kg ; d_a 为回风的含湿量, g/kg ; d_b 为回风经除湿器后的含湿量, g/kg ; d_c 为回风经过表冷器后的含湿量, g/kg ; d_d 为送风的含湿量, g/kg ; t_a 为回风的温度, $^\circ\text{C}$; t_c 为回风经过表冷器后的温度, $^\circ\text{C}$ 。

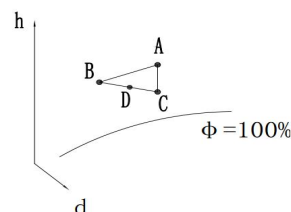


图 3 方案 A 溶液除湿空调系统图

表 1 方案 A 各空气状态点的参数

状态点	车间一				车间二			
	$t_a/^\circ\text{C}$	$\phi_a/\%$	$d_a/\text{g}/\text{kg}$	$h_a/\text{g}/\text{kg}$	$t_a/^\circ\text{C}$	$\phi_a/\%$	$d_a/\text{g}/\text{kg}$	$h_a/\text{g}/\text{kg}$
A	20	50	7.26	38.63	20	50	7.26	38.63
B	13	78	7.26	31.46	14	73	7.26	32.48
C	16	20	1.95	21.12	17	11	1.30	21.11
D	14	41	4.23	25.55	14	54	5.23	27.02

2) 方案 B

车间一和车间二都采用浓度为 35% 的氯化锂溶液进行除湿和再生。其回风全部通过除湿器,再用表冷器进行冷却处理。除湿之后的溶液经换热器和热回收后与再生溶液进行换热,从而实现溶液除湿再生的循环过程。如图 4 所示。

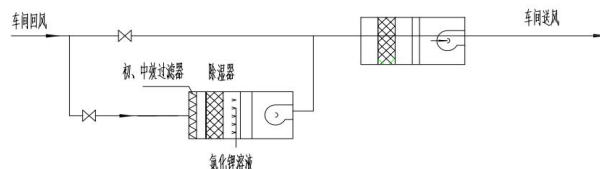


图 4 方案 B 空气被溶液除湿流程图

车间一: $Q=60 \text{ kW}$, $Q_s=40 \text{ kg/h}$, $Q_x=27.5 \text{ kW}$ 。另通过实地测量获得回风量 $M_b=10000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

车间二: $Q=96 \text{ kW}$, $Q_s=60 \text{ kg/h}$, $Q_x=66 \text{ kW}$, $M_b=25000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

在已知回风状态点 A 的条件下,由式(6)和式(7)算得送风状态点 C,由式(8)算得通过除湿器后的状态点 B。空气处理过程如图 5 所示。各状态点的参数详见

表 2。

$$Q = M_b \rho (h_a - h_b) / 3600 \quad (6)$$

$$Q_s = M_b \rho (d_a - d_b) / 1000 \quad (7)$$

$$Q_x = M_b \rho c_p (t_b - t_c) / 3600 \quad (8)$$

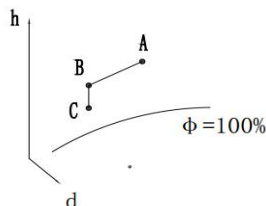


图 5 方案 B 空气处理焓湿图

表 2 方案 B 各空气状态点的参数

状态点	车间一				车间二			
	$t_d/^\circ\text{C}$	$\phi_d/\%$	$d_d/\text{g/kg}$	$h_d/\text{kJ/kg}$	$t_d/^\circ\text{C}$	$\phi_d/\%$	$d_d/\text{g/kg}$	$h_d/\text{kJ/kg}$
A	20	50	7.26	38.63	20	50	7.26	38.63
B	23	22	3.87	33.07	23	30	5.23	36.53
C	16	40	3.87	26.43	14	54	5.23	27.02

通过对上述两种方案的计算比较,获得方案 A 除湿中需要实现的最低温度为 13°C ,而方案 B 中需 23°C 。故在现有条件下,方案 B 更容易实现对空气温度的控制。

3 经济分析

3.1 初投资比较

根据车间送风量及负荷,获得设备的选型如表 3 所示,方案 A 的初投资为 25.8 万元,方案 B 的初投资为 29.1 万元。

表 3 方案 A 和方案 B 的初投资费用

名称	方案 A			方案 B		
	规格	数量/个	价格/万元	规格	数量/个	价格/万元
主送风机	20kW	1	6	15kW	1	5
	10kW	1	4	7.5kW	1	3
再生风机	2.5kW	1	1.5	2.2kW	1	1.5
	5.5kW	2	3	4kW	1	2.5
除湿风机	2.2kW	1	1	2.2kW	1	1
	2.2kW	1	0.2	2.2kW	2	0.3
除湿溶液泵	2.2kW	1	0.2	2.2kW	2	0.3
板式冷却器	4 m ²	1	0.3	4.7 m ²	1	0.7
板式加热器	4 m ²	1	0.3	4 m ²	1	0.5
热回收换热器	4 m ²	1	0.3	10 m ²	1	1.2
除湿塔	2m×1.2m×1m	1	5	2m×1.2m×1.5m	1	6
	1m×1m×0.5m	1	2	1.2m×0.8m×1.2m	1	3
再生塔	1m×0.8m×0.5m	1	2	1.2m×1m×1.5m	1	3.5
合计	-	-	25.8	-	-	29.1

3.2 运行费用比较

根据表 3 可以获得,方案 A 的设备运行总功率为

44.6 kW,方案 B 的设备运行总功率为 40.6 kW。按商河县 2016 年工业用电价格 1 元/kWh 计算,机组每天 24 h 连续运行,在能耗方面,方案 B 较方案 A 每年节省 3.5 万 kWh 的电,节省运行费用 3.5 万元。又方案 B 较方案 A 的初投资费用增加 3.3 万元,所以本工程的静态回收投资年限 1 年。

4 结论

1)方案 A 中需要实现最低温度为 13°C ,而方案 B 中需 16°C ,方案 B 更容易实现对空气温度的控制。

2)方案 B 虽初投资增加 3.3 万元,但运行费用每年可节省 3.5 万元,更加节能,可以将此方案推广应用到同类工业厂房中。

参考文献

- [1] 王新立.高效节能型溶液除湿空调系统建模与优化研究[D].杭州:浙江大学,2015.
- [2] 顾洁,唐钢.机制胶囊生产车间空调运行节能方案比较[J].制冷空调与电力机械,2003,24(1): 58-58.
- [3] 周晋,杨伟,张国强.暖通空调系统节能建筑节能技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [4] 刘拴强,刘晓华,江亿.温湿度独立控制空调系统中独立新风系统的研究(2):送风参数的确定[J].暖通空调,2010,40(12):85-90.
- [5] Luo Y, Yang H, Lin L. Liquid desiccant dehumidifier: Development of a new performance predication model based on CFD[J]. International Journal of Heat & Mass Transfer, 2014, 69(2): 408-416.
- [6] 孙建,宫小龙,施明恒.除湿溶液蒸汽压的研究[J].制冷学报,2004,(1): 27-30.

·更正声明·

2017 年 6 月刊目次页第 36 卷第 5 期(总第 183 期)
2017 年 5 月 25 日出版更正为第 36 卷第 6 期(总第 184 期)
2017 年 6 月 25 日出版。

特此更正!

2017 年 7 月 25 日