

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1981

No. 27

三甘醇液体除湿机

Triglycol Liquid Dehumidification

中国建筑科学研究院

CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

采用三甘醇液体除湿,可使空气保持低湿和低露点,还有单位除湿量大的优点。为配合“南方岩石地下工厂洞室内环境改造技术的研究”,解决大除湿量问题,进行三甘醇液体除湿机的研制。本文介绍了处理空气量、进气含湿量、三甘醇溶液浓度、喷淋密度、不同温度等因素对除湿效果的影响,以及冷却水温对处理后的空气温度的影响。为解决排气带出三甘醇溶液,进行了五种除雾材料的试验,提出了综合措施和方法,使带液损失减少到只有0.024~0.027克/公斤。研制成的除湿机,风量为12500米³/时,进气含湿量为18.7克/公斤时,除湿量为130~150公斤/时。

本文还介绍了三甘醇液体除湿机的设计与计算方法,并附有设计参考数据和设计示例。

本文由两篇报告组成:

一、三甘醇液体除湿机研制总结;

二、三甘醇液体除湿机的设计与计算。

目 录

三甘醇液体除湿机研制总结	(2)
一、除湿原理	(3)
二、三甘醇液体除湿装置与流程	(3)
三、三甘醇液体除湿装置实验与测定方法	(5)
四、测定结果及分析	(5)
五、简要结论	(17)
存在问题	(17)
参考资料	(17)
三甘醇液体除湿机的设计与计算	(18)
一、三甘醇液体除湿机与流程	(18)
二、三甘醇液体除湿过程	(19)
三、三甘醇液体除湿机的设计	(21)
四、设计实例	(28)
参考文献	(33)

甘油液除湿

Triglycol Liquid Dehumidification

The Air-Conditioning Institute

中国空气调节学会

Abstract

音 译

Triglycol liquid dehumidification can make the air to maintain low humidity and low dew point; besides, it has the virtue of large moisture eliminating capacity. In order to fit with the work of The research on rebuilding technique about the internal environment of underground factory cave spaces in southern region of china, and to solve the problem of larger moisture eliminating capacity, the research and development of the triglycol liquid dehumidifier has been done.

In this article, the quantity of air treated, the moisture content of intake air, the concentration of triglycol solution, the density of spraying, the influence of temperature on dehumidifying effect and the effect of the cooling water temperature on the temperature of treated air have been described. In order to solve the problem of entraining of triglycol solution with the exhaust air, five kinds of fog-eliminating material have been tested; comprehensive measures and methods have been proposed and the loss of liquid entrainment has been reduced to only $0.024 \sim 0.027 \text{ g/kg}$. The dehumidifier produced, has the moisture eliminating capacity of $130 \sim 150 \text{ kg/hr}$ when the air quantity is $12500 \text{ m}^3/\text{hr}$, and moisture content of the intake air is 18.7 g/kg .

In this article, the design and calculation method of the triglycol liquid dehumidifier has been described design reference data and examples have been provided also.

This article consists of two parts;

1. The summing-up of the research and development of triglycol liquid dehumidifier;

2. The design and calculation of triglycol liquid dehumidifier.

附录 1 甘油液除湿器

附录 2 甘油液除湿器

附录 3 甘油液除湿器

附录 4 甘油液除湿器

附录 5 甘油液除湿器

附录 6 甘油液除湿器

附录 7 甘油液除湿器

附录 8 甘油液除湿器

附录 9 甘油液除湿器

附录 10 甘油液除湿器

附录 11 甘油液除湿器

附录 12 甘油液除湿器

附录 13 甘油液除湿器

附录 14 甘油液除湿器

附录 15 甘油液除湿器

成。除湿部分的空气流通断面为3米²，再生部分为0.72米²。

（二）除湿部分 被处理的空气先经粗过滤器和三甘醇溶液

喷淋段，与溶液顺流汇合，流经冷却接触器。除雾器，用风机送入通风小室，和室外新鲜空气

（或加热部分循环风）按适当的比例混合，送入工作地区。

（三）室外空气进入除湿装置前，须先经粗过滤器（可采用厚度为5~8毫米粗孔泡沫塑料），以防杂物等进入。

（2）三甘醇溶液喷淋管，为了将溶液喷洒均匀，与空气充分接触，更好地进行热湿交换，

应设置喷嘴在压力下喷雾，以求雾粒较小，取得较好的效果。为

减少除雾回收溶液带来的困难，

可采取溢流型喷淋管，即在镀锌钢管上钻很多小孔，溶液自小孔流出，控制流速，这是减少溶液损失的措施之一。喷头面积为空气流通断面0.4%，采用梳状布置。

（3）冷却接触器：为创造溶液和空气接触的条件，还应安装带有翅片的盘管，将溶液喷洒在翅片盘管上，使表面形成溶液薄膜层。为提高热、湿交换的效率，必须有足够的交换路程和接触时间。三甘醇溶液吸收过程中将释放出蒸汽带走潜热，这会使溶液和空气加热而影响除湿效果。通常采取接触器内通冷水的方法，将热量带走。冷却接触器采用八台国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器，高度为1.3米，接触器面积为816米²。冷却水采用串联，自下端通入，从上端排出。

（4）除雾器：作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（二）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

（三）加热接触器 其作用是获得汽化潜热，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，

采用国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器作为加热接触器。

（四）预热回收器（俗称回流管） 采用直管SRZ型10×20铜管绕铜片空气加热器。它利用再生装置排出的高温高湿空气的余热，

预热新鲜空气，并省溶液的加热量。同时，由于再生溶液通过加热器时，要汽化或产生很细雾滴，当它经过预热回收器的低温表面时，大部分凝结下来，沾附在翅片和盘管上，回收了三甘醇溶液，这也是减少溶液损失的措施之一。

（五）除雾器 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（六）风机 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（七）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

（八）加热接触器 其作用是获得汽化潜热，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，

采用国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器作为加热接触器。

（九）预热回收器（俗称回流管） 采用直管SRZ型10×20铜管绕铜片空气加热器。它利用再生装置排出的高温高湿空气的余热，

预热新鲜空气，并省溶液的加热量。同时，由于再生溶液通过加热器时，要汽化或产生很细雾滴，当它经过预热回收器的低温表面时，大部分凝结下来，沾附在翅片和盘管上，回收了三甘醇溶液，这也是减少溶液损失的措施之一。

（十）除雾器 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（十一）风机 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（十二）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

（十三）加热接触器 其作用是获得汽化潜热，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，

采用国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器作为加热接触器。

（十四）预热回收器（俗称回流管） 采用直管SRZ型10×20铜管绕铜片空气加热器。它利用再生装置排出的高温高湿空气的余热，

预热新鲜空气，并省溶液的加热量。同时，由于再生溶液通过加热器时，要汽化或产生很细雾滴，当它经过预热回收器的低温表面时，大部分凝结下来，沾附在翅片和盘管上，回收了三甘醇溶液，这也是减少溶液损失的措施之一。

（十五）除雾器 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（十六）风机 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（十七）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

（十八）加热接触器 其作用是获得汽化潜热，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，

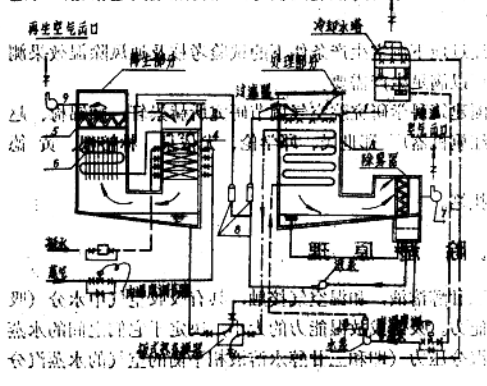


图2 除湿装置示意图

- 1—处理空气入口 2—室外空气入口 3—冷却接触器 4—加热接触器 5—除雾器 6—预热回收器 7—处理风机 8—转子流量计 9—再生风机

可采取溢流型喷淋管，即在镀锌钢管上钻很多小孔，溶液自小孔流出，控制流速，这是减少溶液损失的措施之一。喷头面积为空气流通断面0.4%，采用梳状布置。

（3）冷却接触器：为创造溶液和空气接触的条件，还应安装带有翅片的盘管，将溶液喷洒在翅片盘管上，使表面形成溶液薄膜层。为提高热、湿交换的效率，必须有足够的交换路程和接触时间。三甘醇溶液吸收过程中将释放出蒸汽带走潜热，这会使溶液和空气加热而影响除湿效果。通常采取接触器内通冷水的方法，将热量带走。冷却接触器采用八台国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器，高度为1.3米，接触器面积为816米²。冷却水采用串联，自下端通入，从上端排出。

（4）除雾器：作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（二）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

（三）加热接触器 其作用是获得汽化潜热，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，

采用国产SRZ型10×20铜管绕铜片散热器作为加热接触器。

（四）预热回收器（俗称回流管） 采用直管SRZ型10×20铜管绕铜片空气加热器。它利用再生装置排出的高温高湿空气的余热，

预热新鲜空气，并省溶液的加热量。同时，由于再生溶液通过加热器时，要汽化或产生很细雾滴，当它经过预热回收器的低温表面时，大部分凝结下来，沾附在翅片和盘管上，回收了三甘醇溶液，这也是减少溶液损失的措施之一。

（五）除雾器 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（六）风机 作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液随空气带走的量很少，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

（七）再生部分 流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋段，再通过

加热接触器、预热回收器以及除雾器等，最后用风机排出室外。

(3) 除雾器：是回收三甘醇溶液、减少排气带液损失的主要措施。在确定空气通过除雾器的截面尺寸时，应尽量按静压箱进行设计^[1]，使除雾器内的气流速度减低，便于回收溶液，同时应有足够的面积，以保证除雾的效率。

三甘醇除湿和再生装置是连续工作的。三甘醇溶液集中在贮液槽里，用泵输送到除湿和再生装置的顶部，进入喷淋管，经过喷淋与空气作用后，落在装置的底部，再回到贮液槽里。

冷却水系统：采用串联方式，自来水或循环水自冷却接触器的下端进入，上端流出，再通入中间热交换器（螺旋板式热交换器），冷却三甘醇溶液后再回到斜交错填料的风冷式冷却塔进行冷却，并继续循环使用。

三、三甘醇溶液除湿装置实验与测定方法

1. 温度测量：进气采用 $1/5^{\circ}\text{C}$ 刻度的干湿球温度计测量，排气采用 $1/10^{\circ}\text{C}$ 刻度棒状水银温度计测量，三甘醇溶液在喷淋前后的温度，中间热交换器的出入口温度，冷却水通过接触器各层的温度等，均采用镍铜—铜热电偶配以 WJ-31 型电位差计测量。

2. 通风量和设备压力测量：除湿和再生装置的风量变化，风机的压头等，均采用比托管配以斜管微压计测量。

3. 三甘醇溶液量和冷却水量的测量：除湿和再生的溶液循环量以及冷却水量，均采用 LZB-100、80 型转子流量计直接测量。

4. 蒸汽耗量测量：采用称量凝结水量的办法。为了防止二次蒸发，将凝结水管直接插入冷水中，最后得出平均耗汽量。

四、测定结果及分析

(一) 关于处理的空气量对除湿量的影响

试验是在单位面积上的三甘醇溶液喷淋量为 $12.5\text{米}^3/\text{米}^2\cdot\text{时}$ 和溶液浓度为 $95\sim 96\%$ 的稳定情况下，进气温度和冷却水温变化不大的范围内，改变通过断面的空气量，重量流速 V_V 为 1.1 、 1.47 、 1.96 、 2.38 、 2.6 公斤/米²·秒等五种条件下进行的，根据试验整理的出口空气含湿量和处理的空气量之间的关系，如表 2、图 3 所示。可以看出，设备的断面和重量流速 V_V 介于 $1.8\sim 2.6$ 公斤/米²·秒（即空气量介于 6300 到 9350 公斤/米²·时）之间时，出口空气含湿量数值几乎不变，出口空气含湿量接近于湿量平衡状态，而与空气流量大小无关。

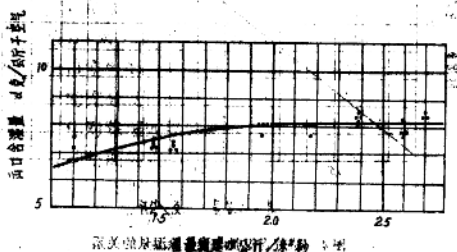
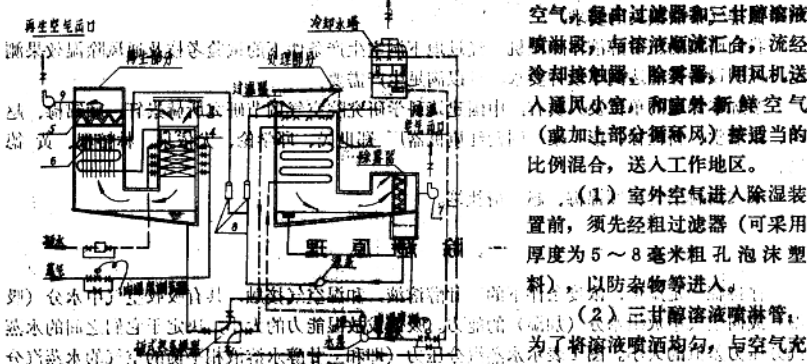


图3 出口空气含湿量与进气重量流速 V_V 的关系

成。除湿部分的空气流通断面为3米²，再生部分为0.72米²。

2. 除湿部分：被处理的空气先经过过滤器和三甘醇溶液喷淋塔，与溶液顺流混合，流经冷却接触器、除雾器，用风机送入通风小室，和室外新鲜空气（或加热部分循环风）按适当的比例混合，送入工作地区。



(1) 室外空气进入除湿装置前，须先经粗过滤器（可采用厚度为5~8毫米粗孔泡沫塑料），以防杂物等进入。

(2) 三甘醇溶液喷淋管：为了将溶液喷洒均匀，与空气充分接触，更好地进行热湿交换，应设置喷嘴在压力下喷雾，以求雾粒较小，取得较好的效果。为减少除雾回收溶液带来的困难，

可采取溢流型喷淋管，即在镀锌钢管上钻很多小孔，溶液自孔流出，控制流速，这是减少溶液损失的措施之一。喷头面积为空气流通断面0.4%，采用梳状布置。

(3) 冷却接触器：为创造溶液和空气接触的条件，必须安装带有翅片的盘管，将溶液喷洒在翅片盘管上，使表面形成液膜薄层。为提高热、质交换的效率，必须有足够的交换路程和接触时间。三甘醇水溶液在盘管中将蒸发出蒸汽带走潜热，这会使溶液和空气加热而影响除湿效果。通常采取接触器内通冷水的方法，将热量带走。冷却接触器采用八台国产SRZ型10×20钢管绕铜片散热器，高度为1.3米，接触器面积为816米²。冷却水采用串联，自下端通入，从上端排出。

(4) 除雾器：作用是捕捉空气带走的三甘醇溶液的雾滴，减少溶液损失。为了提高除雾效率，采用框架式单排人字形卧式布置。除雾器和气流方向的夹角为60度。过滤材料采用直径为0.23毫米的金属丝网，厚度50毫米，共20层。试验结果表明，当除湿后出口空气接近常温时，三甘醇溶液在除雾器中被捕，空气中含微量三甘醇液体，可起到杀菌消毒的作用。

(二) 再生部分：流程与除湿部分相似，空气依次经过粗过滤器、溶液喷淋塔，再通过加热接触器、预热器以及除雾器，最后由风机排出室外。

(1) 加热接触器：其作用是获得再生所需热量，使三甘醇溶液里的水分蒸发到空气中，采用八台国产SRZ型10×20钢管绕铜片空气加热器作为加热接触器。

(2) 预热器：由设备回流管引入，采用直立式SRZ型10×7D钢管绕铜片空气加热器。它利用再生装置排出的高温高湿空气的余热，预热加热再生部分三甘醇溶液，并省溶液的加热量。同时，由于再生溶液通过加热器时，要汽化或产生微细雾滴，当它经过预热器回收器的低温表面时，大部分凝结下来，沾附在翅片和盘管上，回收了三甘醇溶液，这也是减少溶液损失的措施之一。

(3) 除雾器：是回收三甘醇溶液、减少排气带液损失的主要措施。在确定空气通过除雾器的截面尺寸时，应尽量按静压箱进行设计^[7]，使除雾器内的气流速度减低，便于回收溶液；同时应有足够的面积，以保证除雾的效能。

三甘醇除湿和再生装置是连续工作的。三甘醇溶液集中在贮液槽里，用泵输送到除湿和再生装置的顶部，进入喷淋管，经过喷淋与空气作用后，落在装置的底部，再回到贮液槽里。

冷却水系统：采用串联方式，自来水或循环水自冷却接触器的下端进入，上端流出，再通入中间热交换器（螺旋板式热交换器），冷却三甘醇溶液后再回到斜交错填料的风冷式冷却塔进行冷却，并继续循环使用。

三、三甘醇液体除湿装置实验与测定方法

1. 温度测量：进气采用 $1/5^{\circ}\text{C}$ 刻度的干湿球温度计测量，排气采用 $1/10^{\circ}\text{C}$ 刻度棒状水银温度计测量。三甘醇溶液在喷淋前后的温度，中间热交换器的出入口温度，冷却水通过接触器各层的温度等，均采用细铜—铜热电偶配以WJ-31型电位差计测量。

2. 通风量和设备压力测量：除湿和再生装置的风量变化，风机的压头等，均采用比托管配以斜管微压计测量。

3. 三甘醇溶液量和冷却水量的测量：除湿和再生的溶液循环量以及冷却水量，均采用LZB-100、80型转子流量计直接测量。

4. 蒸汽耗量测量：采用称量凝结水量的办法。为了防止二次蒸发，将凝结水管直接插入冷水中，最后得出平均耗汽量。

四、测定结果及分析

(一) 关于处理的空气量对除湿量的影响

试验是在单位面积上的三甘醇溶液喷淋量为 $12.5\text{米}^3/\text{米}^2\cdot\text{时}$ 和溶液浓度为 $95\sim 96\%$ 的稳定情况下，进气温度和冷却水温变化不大的范围内，改变通过断面的空气量，重量流速 $V\gamma$ 为 1.1 、 1.47 、 1.96 、 2.38 、 2.6 公斤/米²·秒等五种条件下进行的，根据试验整理的出口空气含湿量和处理的空气量之间的关系，如表2、图3所示。可以看出，设备的断面和重量流速 $V\gamma$ 介于 $1.8\sim 2.6$ 公斤/米²·秒（即空气量介于 6800 到 9350 公斤/米²·时）之间时，出口空气含湿量数值几乎不变，出口空气含湿量接近于湿量平衡状态，而与空气流量大小无关。

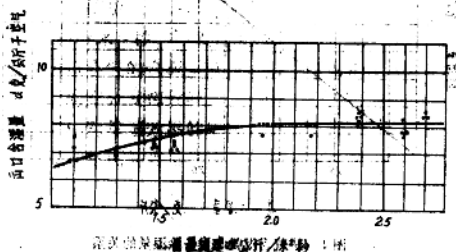


图3 出口空气含湿量与进气重量流速 $V\gamma$ 的关系

空气量变化对除湿效果的影响 表 2

风量 G 公斤/时	空气流量 Vy 公斤/米 ³ ·秒	溶液量 W 米 ³ /米 ³ ·时	进 气				出 气				冷却水			喷淋溶液	
			干球 温度 t ₁ °C	湿球 温度 t ₂ °C	相对 湿度 φ ₁ %	含湿量 d ₁ 克/公斤	干球 温度 t ₂ °C	湿球 温度 t ₂ °C	相对 湿度 φ ₂ %	含湿量 d ₂ 克/公斤	温 度 t _w °C	温 度 t _v °C	浓 度 ε %	温 度 t _v °C	浓 度 ε %
8000	1.11	12.5	24.4	22.0	80	16.8	27.4	15.8	96	6.8	25.0	26.0	96	26.0	96
8000	1.11	12.5	23.8	22.2	81	17.4	27.5	16.4	91	7.5	26.0	26.0	96	26.0	96
8000	1.11	12.5	23.5	21.8	86	16.8	29.6	16.4	95	7.7	26.5	26.5	96	26.5	96
8000	1.11	12.5	25.6	22.0	73	18.2	29.5	16.4	25	6.7	26.8	26.8	96	26.8	96
10,000	1.47	12.5	25.0	22.3	80	17.0	30.0	17.0	26	7.1	27.0	27.0	96	27.0	96
10,000	1.47	12.5	25.0	22.3	80	17.0	30.0	17.0	26	7.1	27.0	27.0	96	27.0	96
10,000	1.47	12.5	25.0	22.3	80	17.0	30.0	17.0	26	7.1	27.0	27.0	96	27.0	96
10,000	1.47	12.5	25.7	22.4	78	16.8	30.4	17.1	25	7.2	27.5	27.5	96	27.5	96
14,100	1.96	12.5	25.8	22.9	80	17.1	30.3	17.4	27	7.7	27.0	27.0	96	27.0	96
14,100	1.96	12.5	25.8	22.9	77	17.1	30.5	17.3	28	8.1	27.2	27.2	96	27.2	96
14,100	1.96	12.5	25.8	23.1	80	17.8	31.2	18.1	27	8.1	27.4	27.4	95.5	27.4	95.5
14,100	1.96	12.5	25.6	22.6	78	17.1	31.1	18.1	27	8.1	27.5	27.5	95.5	27.5	95.5
17,100	2.38	12.5	26.8	22.6	75	17.0	31.1	18.1	27	8.1	27.5	27.5	95.5	27.5	95.5
17,100	2.38	12.5	26.4	22.9	81	17.4	31.1	18.1	28	8.4	27.5	27.5	95.3	27.5	95.3
17,100	2.38	12.5	26.4	22.9	63	16.5	31.8	18.4	28	8.5	27.5	27.5	95	27.5	95
17,100	2.38	12.5	28.0	22.6	64	16.2	31.2	18.1	27	8.2	27.5	27.5	95.2	27.5	95.2
17,100	2.38	12.5	26.2	22.7	82	16.2	31.4	18.4	28	8.4	27.5	27.5	95.2	27.5	95.2
18,700	2.6	12.5	28.7	22.6	60	15.8	31.3	18.2	28	8.3	28.0	28.0	96	28.0	96
18,700	2.6	12.5	28.8	22.3	57	15.3	31.6	17.9	25	7.8	28.0	27.0	96	27.0	96
18,700	2.6	12.5	28.8	21.6	58	14.2	31.5	18.8	25	7.6	27.5	26.4	96	26.4	96
18,700	2.6	12.5	28.2	21.2	54	13.9	31.5	17.9	26	7.8	27.5	26.2	96	26.2	96

图4 进气含湿量与喷淋溶液浓度的关系

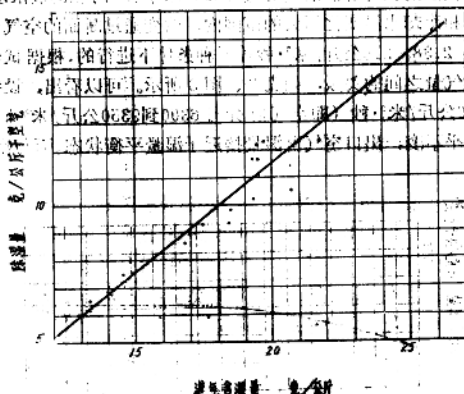


图 4 进气含湿量与喷淋溶液浓度的关系

序 號	重 量 流 速 G	重 量 流 速 V _g	重 量 流 速 W _g	重 量 流 速 P _g	進 口 氣 體		出 口 氣 體		進 口 氣 體		出 口 氣 體		濕 度 E ₁	濕 度 E ₂
					濕 度 D ₁	溫 度 t ₁	濕 度 D ₂	溫 度 t ₂	濕 度 D ₁	溫 度 t ₁	濕 度 D ₂	溫 度 t ₂		
號	公斤/時	公斤/米 ² 秒	米 ³ /時	公斤/米 ³ 秒	℃	℃	%	℃	℃	%	℃	℃	%	℃
1	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	80	18.5	80.0	19.0	30.0	8.0	96.4	96 28
2	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	80	18.5	80.0	19.0	30.0	8.0	96.4	96 28
3	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	81	18.6	80.0	19.0	30.0	8.0	96.4	96 28
4	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	85	18.9	80.0	19.0	30.0	7.8	96.5	96 27
5	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	84	18.3	80.0	19.0	30.0	8.7	96.0	96 28
6	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	84	18.0	80.0	19.0	29.0	8.8	96.0	96 28
7	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	84	18.0	80.0	19.0	29.0	8.7	96.0	96 28
8	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.3	80.0	19.0	28.0	8.1	96.7	96 27.5
9	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.3	80.0	19.0	28.0	8.1	96.7	96 27.5
10	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.3	80.0	19.0	28.0	8.1	96.7	96 27.5
11	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.3	80.0	19.0	28.0	7.8	96.5	96 27
12	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	86	18.4	80.0	19.0	28.0	7.7	96.5	96 27
13	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	88	18.4	80.0	19.0	28.0	7.8	96.5	96 28.5
14	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	88	18.4	80.0	19.0	28.0	7.9	96.5	96 28.5
15	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.4	80.0	19.0	28.0	8.8	96.5	96 28.5
16	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	86	18.4	80.0	19.0	28.0	8.9	96.5	96 28.5
17	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	86	18.4	80.0	19.0	28.0	9.5	96.5	96 28.5
18	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.4	80.0	19.0	28.0	9.5	96.5	96 28.5
19	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	86	18.4	80.0	19.0	28.0	9.0	96.5	96 28.5
20	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	87	18.4	80.0	19.0	28.0	8.0	96.5	96 28.5
21	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	89	18.4	80.0	19.0	28.0	7.8	96.5	96 28.5
22	14,100	0.00960	25.0	20.0	20.0	22.0	89	20.9	81.0	20.0	30.0	10.5	96.0	92 29
23	14,100	1.96	25	2.0	27.0	25.6	89	21.5	81.2	20.4	34	10.2	99.0	95 28
24	14,100	1.96	25	2.0	27.0	25.6	89	21.5	81.2	20.4	34	10.2	99.0	95 28
25	14,100	1.96	25	2.0	27.0	25.6	89	21.5	81.2	20.4	34	10.2	99.0	95 28
26	14,100	1.96	25	2.0	29.0	27.0	85	23.1	81.4	18.4	23	6.8	86.4	96 28
27	14,100	1.96	25	2.0	29.1	27.2	88	23.3	81.6	18.4	23	7.0	86.1	96 28
28	14,100	1.96	25	2.0	28.9	27.2	87	23.6	81.0	18.4	23	7.0	86.1	96 28

从图3还可以看出,在这个范围内,因为出口空气的湿度不变,所以随着 V_g 的增加除湿量相当于按正比例增加。有的资料也有类似的结论^[1]。值得注意的是,重量流速增加,除湿量相应增加到一定数值后,三甘醇溶液流量也开始明显增加,因而受到限制。因此,重量流速一般不宜超过3公斤/米²秒。当重量流速小于0.55公斤/米²秒(即断面空气流量小于5400公斤/米²秒)时,出口空气的含湿量减少,使空气更加干燥。然而由于通过设备处理空气量的减少,致使设备不能充分发挥效能。

(二) 进气含湿量对三甘醇溶液除湿效果的影响

试验条件如下: 空气流动断面的重量流速 $V_g = 2$ 公斤/米²秒, 空气流量30米³/米²秒, 三甘醇溶液喷淋密度为12.5米³/米²秒, 溶液浓度在93~95%, 冷却水温为26.2~29.0℃, 室外进气含湿量变化在12.9克/公斤到27.6克/公斤之间, 测得的结果列见表3和图4。可以看出,设备的单位除湿量随着进气含湿量的变化而改变。进气的含湿量由12.9克/公斤不断地增加到27.6克/公斤时, 设备的除湿量以近似于正比例的关系随着增加。进气含湿量较低时,

三甘醇溶液喷淋量与除湿的关系

表4

空气流量 W	空气温度 t ₁	空气湿度 H ₁	进、出气		参、数		出、入气		参、数		冷却水		喷淋溶液	
			温度 t ₂	湿度 H ₂	流量 G ₁	流量 G ₂	温度 t ₃	湿度 H ₃	流量 G ₃	流量 G ₄	进口 t ₄	出口 t ₅	温度 t ₆	湿度 H ₆
米 ³ /时	公斤/时	公斤/公斤	°C	%	公斤/时	%	°C	%	公斤/时	%	°C	°C	°C	%
25.0	14100	2.07	25.2	80.8	18.8	0.81	27.9	85.9	6.9	28.2	25.0	20.2	22.5	96
25.0	14100	2.07	25.3	80.4	19.0	0.82	28.3	86.4	6.9	28.2	25.0	20.5	22.5	96
25.0	14100	2.07	25.5	80.6	19.5	0.84	28.7	86.8	7.0	22.2	25.0	20.8	22.5	96
27.5	14100	2.07	25.8	80.9	19.4	0.83	29.3	87.5	7.2	22.2	25.5	20.5	22.7	96
27.5	14100	2.07	26.0	80.4	19.3	0.85	29.4	87.6	7.1	21.9	26.0	20.5	22.7	96
27.5	14100	2.07	27.0	80.5	19.3	0.85	29.7	87.7	7.0	21.9	26.0	20.0	22.2	96
32.0	14100	2.65	26.4	80.5	19.6	0.86	29.3	87.6	6.9	20.2	26.0	20.3	22.2	95.8
32.0	14100	2.65	26.4	80.6	19.8	0.84	29.4	87.8	6.9	20.2	26.5	20.5	22.5	95.8
32.0	14100	2.65	27.2	80.9	19.8	0.85	29.5	87.9	7.0	20.2	26.5	20.6	22.2	95.8
32.0	14100	2.65	28.3	80.8	19.8	0.86	29.4	87.9	6.9	19.8	26.5	21.0	22.2	96
21.5	14100	1.77	24.8	82.4	17.3	0.80	29.4	87.8	9.0	29.2	26.0	20.6	22.5	94.5
21.5	14100	1.77	24.2	82.4	17.4	0.85	29.6	87.9	9.0	29.2	26.0	20.3	22.5	94.5
21.5	14100	1.77	24.0	82.4	17.6	0.87	29.6	87.9	9.0	30.2	26.5	20.3	22.5	94.5
21.5	14100	1.77	23.8	82.3	17.5	0.87	29.8	88.0	9.0	30.2	26.5	20.5	22.5	94.0
16.0	14100	1.32	24.0	82.8	17.3	0.84	29.8	88.0	10.1	31.2	26.5	20.5	22.7	94
16.0	14100	1.32	23.7	82.8	17.6	0.88	29.8	88.0	10.1	31.2	27.0	20.7	22.7	94.2
16.0	14100	1.32	25.0	82.6	17.5	0.81	29.4	87.9	10.2	31.2	28.0	21.0	27.3	94.2
16.0	14100	1.32	24.0	82.4	17.1	0.84	29.5	87.9	10.1	31.2	28.0	21.1	27.5	94.5
12.0	14100	0.99	24.0	82.4	17.0	0.82	29.4	87.8	10.2	31.2	27.0	21.0	22.5	95
12.0	14100	0.99	23.7	81.9	16.9	0.85	29.8	87.9	10.2	32.2	27.0	21.0	22.2	95
12.0	14100	0.99	23.8	81.9	17.0	0.86	29.8	87.9	10.3	32.2	27.0	21.0	22.2	95
12.0	14100	0.99	23.3	81.8	17.1	0.88	29.9	87.9	10.2	32.2	27.0	21.0	22.2	95

出口空气含湿量有随之降低的趋势，说明在低含湿量范围内，进气含湿量的多少对出口含湿量也是有影响的，而当进气含湿量低于20克/公斤时，影响较为明显。

(三) 关于三甘醇溶液喷淋量（喷淋密度）对除湿效果的影响

试验条件如下：空气流量为6050

米³/米²·时（重量流速 $V_p = 2.0$ 公斤/

米²·秒），三甘醇溶液液面在液面波动情

况下，溶液喷淋量分别为12.5、16.0、21.5、27.5、32.0

10.75、12.5、15.75、16.0、21.5、27.5、32.0

六种（相当于液面比值为1:1.4、1:2.7、1:4.0、1:5.4、1:7.0、1:8.4）

测定结果见表4（图略）。结果表明，在

给定的溶液喷淋量范围内，溶液喷淋

量的改变对出口空气含湿量是有影响

的，当喷淋密度小于12.5米³/米²·时，

对除湿效果有明显影响，如果大

于10.5米³/米²·时影响趋于稳定，

即接触表面能够达到充分的湿润，就可

以保证空气除湿效果，如果再增加喷

雾量，除湿效果仍不变。

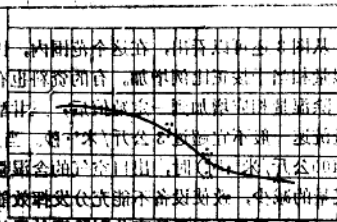


图5 出口空气含湿量与三甘醇溶液喷淋密度的关系

在实际使用中应注意喷嘴管的布置方式、孔的尺寸、间距等因素对除湿效果的影响。

(四) 三甘醇溶液浓度对除湿效果的影响

试验条件如下：通过设备断面绝干气流量为6050米³/米³·时，溶液喷淋密度为12.5米³/米³·时，相当于湿空气比为2.0，空气露点温度为25℃，当空气露点温度为25℃时，接触器内通过的水温为25℃~27℃，溶液喷淋温度多数为轻热态有。改变三甘醇溶液浓度，对除湿效果影响的试验结果见表5、图6。可以看出，溶液浓度越高，空气除湿效果越好。当进口空气含湿量一定时，溶液浓度越高，经过处理后的出口空气含湿量就越低，即二者的水蒸汽压差越大。因

三甘醇溶液浓度对除湿的影响

表5

序 号	风 量 G	重 量 流 速 Vy	溶 液 量 W	气 液 比 μ	进 气				出 气				溶 液		冷 水 温度
					干球 温度 t ₁	湿球 温度 t ₁ '	相对 湿度 φ ₁	含湿量 d ₁	干球 温度 t ₂	湿球 温度 t ₂ '	相对 湿度 φ ₂	含湿量 d ₂	喷淋 温度 t _{w1}	浓 度 ξ ₁	
	公斤/时	公斤/秒	米 ³ /时	公斤/公斤	°C	°C	%	克/公斤	°C	°C	%	克/公斤	°C	%	°C
1	14100	1.96	12.5	2.0	26.9	21.0	80	14.1	30.6	17.3	26	7.4	35.4	97	27.5
2	14100	1.96	12.5	2.0	22.1	20.8	89	15.9	29.2	16.2	25	6.6	34.2	97	26.0
3	14100	1.96	12.5	2.0	22.4	21.0	89	16.1	29.6	16.9	27	7.3	33.8	97	26.5
4	14100	1.96	12.5	2.0	26.9	21.0	60	14.1	30.5	17.8	28	8.0	35.2	96	27.5
5	14100	1.96	12.5	2.0	26.6	21.5	64	14.8	31.0	17.7	26	7.8	35.6	96	28.0
6	14100	1.96	12.5	2.0	26.6	22.2	70	16.7	32.1	18.9	28	8.8	32.1	96	29.0
7	14100	1.96	12.5	2.0	27.0	21.6	62	14.8	31.9	18.6	28	8.5	31.9	96	29.0
8	14100	1.96	12.5	2.0	27.4	22.0	63	15.3	31.6	18.2	27	8.1	31.6	96	28.5
9	14100	1.96	12.5	2.0	23.4	21.3	84	16.2	29.8	17.4	28	7.8	34.0	96	27.0
10	14100	1.96	12.5	2.0	25.6	21.3	69	15.1	31.0	17.6	26	7.6	35.0	96.5	28.0
11	14100	1.96	12.5	2.0	23.5	21.5	84	16.3	30.5	18.5	31	8.8	34.7	96	27.0
12	14100	1.96	12.5	2.0	23.7	22.6	91	17.9	30.0	18.2	32	9.8	34.7	95	27.0
13	14100	1.96	12.5	2.0	23.6	22.5	91	17.9	30.6	18.7	32	9.1	34.7	95	27.0
14	14100	1.96	12.5	2.0	23.6	22.5	91	17.9	31.0	18.9	31	9.2	35.0	95	28.0
15	14100	1.96	12.5	2.0	23.2	22.4	93	17.8	31.1	19.0	31	9.3	35.0	95	28.0
16	14100	1.96	12.5	2.0	24.3	23.9	93	18.5	30.3	18.5	32	9.0	35.5	94	27.5
17	14100	1.96	12.5	2.0	24.4	22.9	89	18.1	30.6	18.9	33	9.4	34.5	94	27.5
18	14100	1.96	12.5	2.0	25.6		80	17.7	30.3		31	8.6	35.2	94	27.0
19	14100	1.96	12.5	2.0	22.4	21.4	92	16.8	28.8	18.0	35	9.1	32.2	93	25.5
20	14100	1.96	12.5	2.0	23.7	22.0	86	17.1	28.9	18.3	36	9.4	32.2	93	26.0
21	14100	1.96	12.5	2.0	22.9	21.9	92	17.4	29.2	18.9	37	10.1	32.2	93	26.0
22	14100	1.96	12.5	2.0	24.0	22.6	84	17.7	29.2	19.0	38	10.2	32.2	93	26.0
23	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	22.8	87	17.8	29.3	19.3	39	10.6	32.2	93	26.5
24	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	24.1	78	18.6	27.6	20.5	50	12.3	27.5	92	26.0
25	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	24.1	78	18.9	27.5	20.3	52	12.9	27.5	90	26.0
26	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	24.5	79	19.3	27.5	21.2	55	13.5	27.5	88	26.0
27	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	24.3	79	19.1	27.6	21.4	56	13.8	27.5	88	26.0
28	14100	1.96	12.5	2.0	24.2		77	19.8	27.7		57	14.2	27.5	86	26.0
29	14100	1.96	12.5	2.0	24.2	24.3	47	15.0	27.7	21.4	55	13.7	27.5	85	26.0
30	14100	1.96	12.5	2.0	31.6	25.6	62	15.6	26.9	20.9	56	13.3	27.0	84.5	25.0
31	14100	1.96	12.5	2.0	31.4	24.2	53	16.4	26.9	21.0	57	13.5	27.0	84.5	25.0
32	14100	1.96	12.5	2.0	31.6	24.4	53	17.0	27.0	21.3	58	13.9	27.0	84	25.0
33	14100	1.96	12.5	2.0	30.5	25.3	53	18.4	27.1	21.7	60	14.5	27.0	82	26.0
34	14100	1.96	12.5	2.0	31.9	24.5	57	17.2	27.3	21.9	61	14.9	27.0	82	26.0
35	14100	1.96	12.5	2.0	31.2	25.0	58	17.9	27.3	22.2	63	15.2	27.0	80	26.0

此,要想得到好的除湿效果或单位除湿量较大时,则应使溶液维持较高的浓度。溶液浓度降低,除湿能力也随着降低。当浓度在80~88%之间时,单位空气含湿量变化较小,除湿能力较差。当浓度大于88%时,除湿效果明显增加。由此表明,三甘醇溶液浓度的改变,能起到减湿或加湿空气的作用。根据实验,本除湿设备溶液浓度保持在93~98%之间,即再生加热接触器内通入($P=2$ 表压)低压蒸汽,再生空气加热到70~78℃,就可以维持正常的再生要求,并可保证设备的除湿能力。

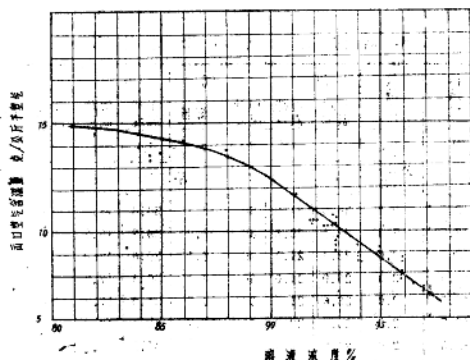


图6 出口空气含湿量与三甘醇溶液浓度的关系

(五) 关于三甘醇溶液的喷淋温度对除湿效果的影响

通过冷却接触器的水量和水温不变的条件下,溶液喷淋温度也是影响除湿效果的因素之一。在处理空气量为6050米³/米²·时,三甘醇喷淋密度为12.5米³/米²·时(相当于重量流速为2公斤/米²·秒。液气比为2.0公斤/公斤),溶液浓度为92~93%之间,测定不同的溶液温度对除湿的影响,结果见表6、图7。结果表明,溶液温度对除湿效果有显著的影响,处

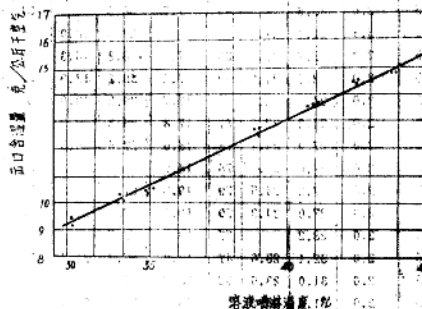


图7 出口空气含湿量与三甘醇溶液喷淋温度的关系

理后的出口空气含湿量随三甘醇溶液喷淋温度变化而改变。溶液温度越低,出口空气含湿量越小,除湿效果越好。溶液温度逐渐提高,出口空气含湿量随之增加,除湿效果随之降低。

溶液喷淋温度对除湿效果的影响

续6

风量	重量流量	溶液量	进					出					溶液温度	溶液湿度	冷却水温
			干球温度	湿球温度	相对湿度	含湿量	干球温度	湿球温度	相对湿度	含湿量	温度	湿度			
G	VV	W	t ₁	t ₂	φ ₂	d ₁	t ₃	t ₄	φ ₄	d ₂	t ₅	φ ₅	t ₆	φ ₆	t ₇
米 ³ /时	公斤/米 ³	米 ³ /时	℃	℃	(%)	克/公斤	℃	℃	(%)	克/公斤	℃	%	℃	%	℃
12100	1.96	12.5	26.2	24.4	84	19.7	29.8	19.8	36	10.1	34	93	27	93	27
12100	1.96	12.5	26.2	24.4	84	19.7	29.9	19.9	36	10.1	34	93	27	93	27
12100	1.96	12.5	26.1	24.4	85	19.6	30.0	20.0	36	10.2	34	93	27	93	27
12100	1.96	12.5	26.2	24.4	86	19.8	31.9	20.7	33	10.5	35	92	28	92	28
12100	1.96	12.5	26.0	24.3	87	20.1	31.9	20.8	33	10.5	35	92	28	92	28
12100	1.96	12.5	31.1	24.4	69	20.9	31.8	20.8	33	10.5	35	92	28	92	28
12100	1.96	12.5	32.0	24.4	63	20.9	30.6	20.3	36	10.3	35	93	27.5	93	27.5
12100	1.96	12.5	31.1	24.8	83	19.9	30.7	20.4	36	10.5	35	93	27.5	93	27.5
12100	1.96	12.5	27.1	24.9	82	20.1	30.8	20.4	35	10.4	35	93	28.5	93	28.5
12100	1.96	12.5	29.3	24.7	66	18.4	31.9	20.2	30	9.5	35.5	93	28.5	93	28.5
12100	1.96	12.5	29.4	24.7	67	18.4	31.9	20.3	31	9.5	35.5	93	28.5	93	28.5
12100	1.96	12.5	29.7	24.7	66	18.4	31.9	20.3	31	9.6	35.5	93	29	93	29
12100	1.96	12.5	30.3	25.4	67	19.3	32.0	20.7	32	10.2	35.5	95	29	95	29
12100	1.96	12.5	30.3	25.3	65	19.1	32.0	20.7	32	10.2	35.5	95	29	95	29
12100	1.96	12.5	30.3	25.2	65	19.8	32.0	20.7	32	10.2	35.5	95	29	95	29
12100	1.96	12.5	32.6	26.8	62	28.7	33.9	21.8	31	10.9	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	32.8	26.8	61	28.6	33.6	21.8	31	10.9	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	32.6	26.7	62	28.5	33.5	21.8	31	10.0	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	32.1	26.8	62	28.6	33.7	21.8	32	11.0	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	32.2	26.3	62	28.9	33.7	21.8	32	11.1	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	32.5	26.5	62	28.0	33.6	21.7	32	10.9	37.0	92	30	92	30
12100	1.96	12.5	31.8	26.6	65	28.7	35.3	22.4	29	11.2	38.0	92	32	92	32
12100	1.96	12.5	31.6	26.6	66	28.9	35.2	22.4	30	11.2	38.0	92	32	92	32
12100	1.96	12.5	32.1	26.7	64	28.8	35.1	22.3	30	11.2	38.0	92	31	92	31
12100	1.96	12.5	32.4	26.8	64	28.8	34.7	22.2	30	11.2	38.0	92	31	92	31
12100	1.96	12.5	32.5	26.8	63	28.8	34.6	22.2	30	11.2	38.0	92	31	92	31
12100	1.96	12.5	32.8	27.2	63	28.7	36.6	22.9	30	11.2	38.0	92	31	92	31
12100	1.96	12.5	30.8	25.9	70	28.3	35.2	23.4	33	12.5	39.0	93	29	93	29
12100	1.96	12.5	30.9	25.9	69	19.8	35.6	23.4	33	12.7	39.0	93	29	93	29
12100	1.96	12.5	30.9	25.9	69	19.8	35.6	23.4	33	12.7	39.0	93	29	93	29
12100	1.96	12.5	30.8	25.7	70	20.8	37.4	24.4	31	13.6	41.0	93	36	93	36
12100	1.96	12.5	30.8	25.7	70	20.8	37.5	24.5	32	13.6	41.0	93	36	93	36
12100	1.96	12.5	30.4	25.7	67	19.2	37.5	24.5	31	13.6	41.0	93	36	93	36
12100	1.96	12.5	31.2	26.4	67	20.2	39.0	25.4	31	14.5	42.6	93	38	93	38
12100	1.96	12.5	31.2	26.4	67	20.2	39.2	25.4	30	14.4	42.6	93	38	93	38
12100	1.96	12.5	31.3	26.3	67	20.5	39.3	25.5	30	14.5	42.6	93	38	93	38
12100	1.96	12.5	31.4	26.8	68	20.4	40.0	25.8	29	14.9	44.0	93.5	40	93.5	40
12100	1.96	12.5	31.4	26.8	68	20.4	40.4	25.1	30	15.0	44.0	93.5	40	93.5	40
12100	1.96	12.5	31.3	26.7	68	20.2	40.5	25.9	29	14.8	44.0	93.5	40	93.5	40

表明溶液温度与除湿效果近似于反比关系。三甘醇溶液温度的高低，说明它与空气中的水蒸汽分压力差的大小，也表明空气中的水分被溶液吸收的多少。当喷淋温度由32.2℃逐渐增加到44℃时，出口空气含湿量由9.4克/公斤增加到15.0克/公斤，平均喷淋温度每降低或增高1℃，会使出口除湿效果提高或降低0.6克/公斤。

以上结果表明：对液体除湿来说，要想获得空气的低含湿量和低露点温度时，就应设法降低溶液温度或提高溶液浓度。

(六) 冷却水温对出口空气温度、除湿效果的影响

冷却接触器中通过冷却水，其作用是使液体除湿过程中放出的热量带走，以保证除湿过程的效果稳定不变。本试验是通过冷却水温的改变，检验对除湿效果的影响，以便在实际运行中，确保除湿要求。测试条件是：通过的空气量为6050米³/米³·时（重量流速 $V_g = 2$ 公斤/米²·秒），溶液喷淋密度为12.5米³/米²·时，溶液浓度大部分为92—93%，通入接触器的循环水量为31米³/时的条件下，冷却水温在27—42℃之间变化。测定结果见表7、图8（由于现

进入接触器的冷却水温对除湿效果影响

表7

序号	风量 公斤/时	重量流速 公斤/米 ² ·秒	溶液量 公斤/时	液气比 公斤/公斤	进口				出口				溶液浓度 %	冷却水温 ℃
					干球温度 ℃	湿球温度 ℃	相对湿度 %	含湿量 克/公斤	干球温度 ℃	湿球温度 ℃	相对湿度 %	含湿量 克/公斤		
1	14100	1.96	25	2.00	26.2	24.4	84.0	19.7	29.8	19.8	38	10.1	93	27
2	14100	1.96	25	2.00	26.2	24.4	84.0	19.7	29.9	19.9	38	10.1	93	27
3	14100	1.96	25	2.00	26.1	24.4	85.0	19.6	30.0	20.0	38	10.2	93	27
4	14100	1.96	25	2.00	27.0	24.8	83.0	20.0	30.6	20.3	38	10.3	93	27.5
5	14100	1.96	25	2.00	27.1	24.8	82.0	19.9	30.7	20.4	38	10.3	93	27.5
6	14100	1.96	25	2.00	27.1	24.8	82.0	20.1	30.8	20.4	38	10.4	93	27.5
7	14100	1.96	25	2.00	27.4	24.8	79.0	19.8	31.3	20.9	37	11.0	92	28
8	14100	1.96	25	2.00	27.4	24.8	79.0	19.8	31.3	20.9	37	11.0	92	28
9	14100	1.96	25	2.00	27.5	24.8	78.0	19.8	31.3	20.9	37	11.0	92	28
10	14100	1.96	25	2.00	27.2	27.8	85.0	23.2	32.4	21.4	38	11.50	91	28.5
11	14100	1.96	25	2.00	27.9	27.7	85.0	23.1	31.4	21.4	38	11.50	91	28.5
12	14100	1.96	25	2.00	27.8	26.6	82.0	23.2	31.5	21.4	38	11.50	91	28.5
13	14100	1.96	25	2.00	27.4	25.8	74.0	20.5	31.0	21.1	38	12.0	92	28.5
14	14100	1.96	25	2.00	28.4	26.0	75.0	21.0	31.0	21.1	38	12.0	92	28.5
15	14100	1.96	25	2.00	28.4	26.0	75.0	21.0	31.0	21.1	38	12.0	92	28.5
16	14100	1.96	25	2.00	30.2	26.9	70.0	20.8	35.2	23.1	38	12.8	90	34
17	14100	1.96	25	2.00	30.0	26.6	69.0	19.8	35.6	23.6	38	12.90	90	34
18	14100	1.96	25	2.00	30.0	26.6	69.0	19.8	35.8	23.6	38	12.90	90	34
19	14100	1.96	25	2.00	30.2	26.7	70.0	20.0	37.4	24.4	38	13.20	90	36
20	14100	1.96	25	2.00	30.2	26.7	70.0	20.0	37.4	24.4	38	13.20	90	36
21	14100	1.96	25	2.00	30.4	26.7	67.0	19.7	37.8	24.5	38	13.50	90	36
22	14100	1.96	25	2.00	31.2	26.4	67.0	20.7	39.3	25.4	38	14.5	90	38
23	14100	1.96	25	2.00	31.2	26.4	67.0	20.7	39.3	25.4	38	14.5	90	38
24	14100	1.96	25	2.00	31.1	26.8	67.0	20.6	39.8	25.5	38	14.5	90	38
25	14100	1.96	25	2.00	31.4	26.4	66.0	20.6	40.3	26.1	38	15.0	90	38
26	14100	1.96	25	2.00	31.4	26.4	66.0	21.2	40.5	26.0	38	14.8	9.35	40
27	14100	1.96	25	2.00	31.4	26.6	66.0	21.6	40.6	26.1	38	14.8	9.35	40
28	14100	1.96	25	2.00	31.6	26.6	66.0	21.6	41.7	26.8	38	15.0	94	42
29	14100	1.96	25	2.00	31.6	26.6	67.0	21.6	41.8	26.7	38	15.4	94	42
30	14100	1.96	25	2.00	32.4	26.6	67.0	21.0	41.8	26.7	38	15.4	94	42

场条件所限，没有低温冷源，用自来水 and 循环冷却水进行试验，因此水温较高），结果表明，冷却水温对除湿效果也有明显影响，二者近似于直线关系，冷却水温越低，出口空气的含湿量越低，除湿效果越好。冷却水温逐渐提高时，它的除湿效果就随之降低。例如，冷却水温低于26℃时，它的出口空气含湿量，可以处理到10克/公斤，冷却水温为35℃时，则处

出口空气含湿量

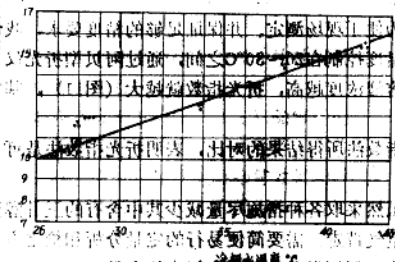


图8 出口空气含湿量与进入物料时冷却水湿度的关系

却水温高3°C左右。

(七) 设备阻力与风量的关系

除湿设备阻力，除了和设备构造、形式、部件的组成有关外，还和空气重量流速 V_v 、溶液喷淋密度有关。从图9、10可以看出，设备阻力随着空气量的增加而逐渐增加。

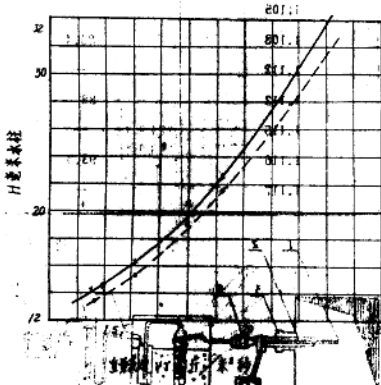


图9 除湿设备阻力与空气重量流速的关系

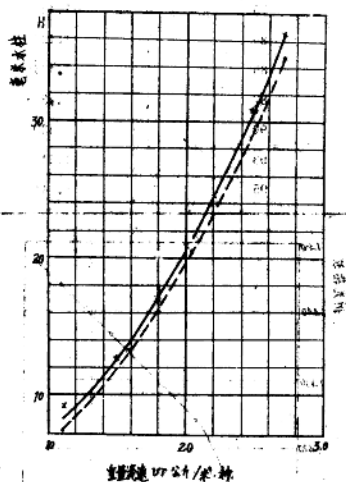


图10 再生装置阻力与空气重量流速的关系

两组曲线表明，除湿装置阻力，喷淋比不喷淋要大1.2~2毫米水柱，再生装置要大1~1.4毫米水柱（再生装置的阻力，系采用金属网除雾器的阻力，如采用别的除雾器时，必须按别的除雾的阻力来计算。

(八) 几种除雾器的效果

三甘醇液体除湿剂的除雾器的效果，要解决三甘醇溶液浓度的测定方法，在空气中三甘醇含量的测定办法和除雾器材料的选择问题。

1. 三甘醇溶液浓度测定

在三甘醇液体除湿中，溶液的浓度系指重量百分比。温度的变化对浓度测量有一定影响，因此浓度测量时对温度有一定的要求。

测定三甘醇溶液浓度的方法较多，为便于现场测定、并保证足够的精度要求，我们采用折光指数法，即调配不同浓度的溶液，温度控制在20~30℃之间，通过阿贝型折光仪，测定不同浓度溶液的折光指数。测定结果是溶液浓度越高，折光指数就越大（图11），基本成直线关系。

表8列出用比重法、蒸馏法、折光指数法所得结果的对比，表明折光指数法是可靠的。

2. 空气中三甘醇含量的测定

经过除湿的干燥空气和再生排气，虽然采取各种措施尽量减少其中含有的三甘醇微小液滴或雾，但仍有一定量的三甘醇溶液被空气带走。需要简便易行的定量分析和检定方法确定带走量。通过试验，认为采用滤膜计重法，可测得三甘醇在空气中的含量。

测量系统如图12所示。采样管1系由内径 ϕ 为6~7毫米的90°弯管（相似于全压管）

几种测量溶液浓度方法的比较

表8

重量百分比浓度 (%)	折光指数	比重法 (比重值)	蒸馏法浓度
70	1.414	1.098	—
75	1.424	1.105	—
80	1.429	1.108	80.4
85	1.434	1.112	—
87	1.437	1.113	88
90	1.439	1.115	—
93	1.442	1.116	95.5
95	1.444	1.117	—

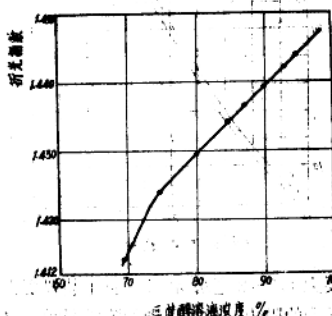


图11 三甘醇溶液折光指数与浓度的关系

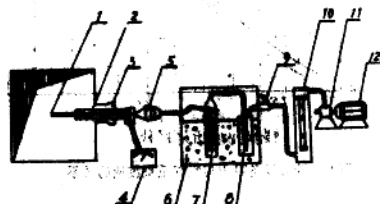


图12 空气中三甘醇含量测定示意图

1—采样管 2—导管 3—加热套管 4—调压变压器 5—采样器 6—冰槽 7—冷阱器 8—冲程器 9—流量调节阀 10—浮子流量计 11—抽气泵 12—电动机

制成。为便于测定，采用非等动力采样法^[1]。

端头迎向气流。为防止在采样器前，因采样点与外部温差造成凝结而产生测量误差，可在导管2上外设加热套管3，用调压变压器4控制加热温度。采样器5内装厚度为0.25毫米超细玻璃棉制成的滤膜，它对大于0.3微米粒子采集效率为99.99%以上。测定时采样的

流量为18~20升/分,采用流量调节阀9来控制流量。为了流量计的读数准确,将高温空气中的水份通入冷凝器7冷凝下来,储存在冲击瓶8中,采样系统通过电动机12带动抽气泵11进行抽气。

如果采样点与外界的温差不足以使抽气凝结时,可不设置加热套管和冷凝器等。

3. 几种除雾器性能试验

除雾器应具有如下条件: (1) 除雾性能好,阻力小; (2) 饱和程度小,不积存溶液; (3) 物理化学性能稳定,不脱落,不溶解,不污染溶液; (4) 坚固耐用。

我们进行了以下几种滤料的除雾效果和排气带液损失的试验:

(1) 上海金属丝网厂生产的 $\phi 0.23$ 毫米的金属丝网,系横斜交错集层敷设,厚度50毫米。

(2) 上海第七制药厂生产的中孔泡沫塑料,厚度为10毫米。

(3) 福建生产的棕毛,经过粗加工,横斜交错分层敷设,厚度为50毫米。

(4) 永安维尼龙厂生产的维尼龙纤维,分层填过滤材料,厚度约50毫米(滤料重约0.5公斤/米²)。

(5) 上海沪光造纸厂生产的酚醛树脂合成纸(滤纸)。

对五种滤料的测定表明,所用的滤料不同,除雾效果也不同,结果见图13。

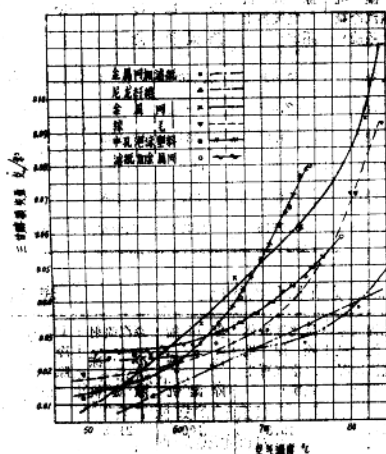


图13 五种除雾器与空气中三甘醇含量的关系

单位损失量将只有0.024~0.027克/公斤,除雾效果优于尼龙纤维。所以酚醛树脂合成纸(滤纸)可以应用于三甘醇的再生除雾中。另外,可以看到空气加热温度最好保持在75°C以下,以便维持正常的损失。

(九) 技术经济指标

表9列出了我们研制的三甘醇液体除湿机和另外几种除湿设备在能量消耗和设备投资等方面的比较。

为了便于比较,根据表9的数据整理成每小时由空气中除去1公斤水分的能量消耗和投

图13表明:当再生空气温度在45

~84°C的范围内,不论采用哪种材料作为除雾器的滤料,空气带出溶液的损失量都随着温度的增高而增加。当再生空气加热温度在50°C以下,所试验的五种滤料的除雾效果都较好。从60°C开始除雾效果出现明显差别。金属丝网除雾器的带液损失明显增加,除雾效果差。中孔泡沫塑料除雾器的结果类似。在50~70°C时,其余三种都可作为除雾器的滤料。其中以酚醛树脂合成纸(滤纸)和尼龙纤维作为滤料的效果最好,棕毛次之。

在实际运行中,再生空气温度在70~75°C之间,从除雾效果稳定,带液量变化较小,适用范围较广来看,以酚醛树脂合成纸较好,三甘醇溶液